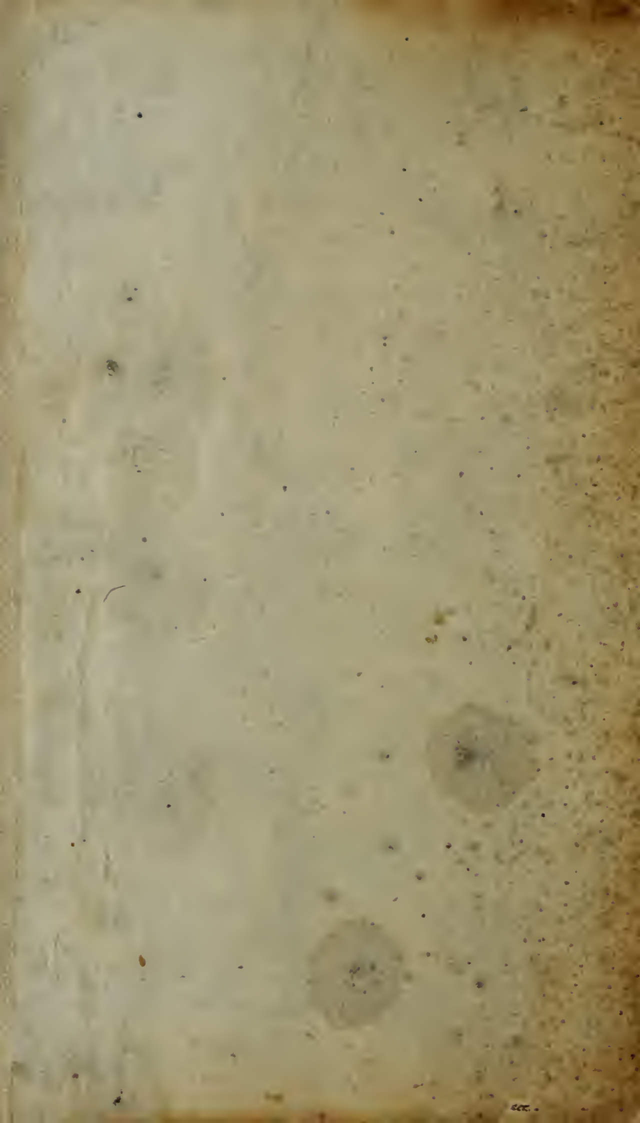





L'ART
DE JETTER
LES BOMBES
par Mons.r BLONDEL
à la Haye.
chez ARNOUT LEERS. 1685.
avec Privilege.
M. Schoonebeek. f.

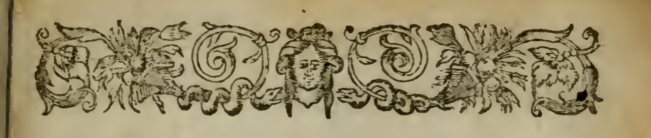
L'IMPRIMEUR AU LECTEUR.

CE fut en l'année 1675. *que l'Auteur de ce Livre en présenta le manuſcrit au Roi qui le reçût d'une maniére la plus obligeante du monde. Et comme ſa Majeſté avoit alors à ſoûtenir la guerre contre les nations les plus puiſſantes de l'Europe qui s'étoient liguées contre la France; elle ne jugea pas à propos que la doctrine qui eſt expliquée dans cét Ouvrage, devint publique dans un tems où ſes ennemis auroient pû s'en prévaloir contre Elle. Ce Livre eut alors le même ſort que celui de la Nouvelle maniére de Fortifier les Places, que l'Auteur avoit preſentée deux ans auparavant à S. M. Et c'eſt ſeulement après avoir donné la paix à ſes ennemis, qu'elle a voulu que l'Auteur fit imprimer ces deux Ouvrages avec ceux de Mathématique qu'il avoit enſeignés à* MONSEIGNEUR LE DAUPHIN, *voulant par ce moïen que le public pût profiter de ce qui s'eſt fait pour l'inſtruction de ce Prince.*

Au reſte il y a quatre parties dans ce Livre:

la premiére est une espéce de rélation historique de ce qui s'est fait & ecrit sur le sujet des Bombes & des portées du Canon jusqu'à nous : la seconde enseigne diverses pratiques sur le même sujet & particuliérement pour le jet des Bombes en toutes sortes de position du mortier tant par les Sinus que par les Instrumens, par les Tables, par le Compas de proportion, &c. La troisiéme est de pure Théorie qui démòntre à fond tout ce qui s'est dit sur cette doctrine & ce qui s'est proposé dans les pratiques : la quatriéme résout les objections que l'on peut faire tant contre la Théorie que contre les pratiques, dont elle confirme la doctrine par les expériences.

L'ART



AU ROI.

SIRE,

Peut-être que je viens un peu hors de ſaiſon, offrir à VOTRE MAJESTÉ ce Traité de l'Art de jetter les Bombes, dans un tems où Elle vient de donner la paix à l'Europe, & où il ſemble que la ſcience de l'Artillerie ne doive plus être employée qu'à faire des feux de joye. J'eſpére néanmoins que mon ouvra-

ge ne lui ſera pas tout-à-fait déſagréable, & qu'Elle y verra avec quelque plaiſir les régles d'un Art dont Elle s'eſt ſi utilement ſervie dans ſes Conquêtes, & qui n'a pas été un des moindres inſtrumens de ſes Victoires. J'oſe me flater qu'Elle approuvera le deſſein que j'ai d'empêcher un Art ſi noble de périr, en le réduiſant aux Régles certaines de la Mathématique, & donnant moyen aux Eleves de s'y perfectionner. D'ailleurs, SIRE, c'eſt dans le tems de la paix, à bien parler, que l'on doit étudier le métier de la Guerre, & il ne faut pas attendre à en acquérir la connoiſſance, qu'on ſoit obligé de le mettre en pratique. C'eſt dequoi V. M. a donné

né Elle-même d'illuſtres preuves, lors-que dans le ſein de la Paix, au milieu du calme & du repos, Elle aguériſſoit, pour ainſi dire, ſes ſoldats par les fréquentes revûës qu'Elle leur faiſoit faire, & par les continuëls exercices où Elle les occupoit. Ainſi quand V. M. s'eſt miſe en Campagne, Elle a trouvé des troupes toutes dreſſées, & a été d'abord en état d'exécuter toutes ces grandes choſes qui ſont à peine croyables à ceux qui les ont vûës, & dont tout l'avenir parlera avec étonnement. C'eſt donc, SIRE, pour ſeconder, en ce que je puis, de ſi glorieux deſſeins, que je mets ce Traité au jour. Heureux! s'il peut être en effet utile à V. M. &

M. & ſi Elle a la bonté de le recevoir comme un témoignage de la reconoiſſance que je lui dois pour les graces dont Elle m'a comblé. Je ſuis

SIRE

DE VÔTRE MAJESTÉ,

Le tres-humble, tres-obéiſſant
& tres-fidéle ſujet & ſerviteur

BLONDEL.

L'IM-

L'ART DE JETTER LES BOMBES,

Et de connoitre l'étendue des coups de volée d'un Canon en toutes ſortes d'Elevations.

PREMIERE PARTIE.

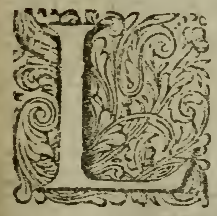
Opinions fauſſes du Jet des Bombes avant Galilée.

LIVRE PREMIER,

De l'Origine & de l'Uſage des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

Origine des Bombes.



'Uſage des Bombes & des Grenades n'eſt pas fort ancien : Et quoi que l'on ait quelque exemple dans l'Hiſtoire de certains vazes de feu que l'on lançoit avec des machines

LIV. I CHAP I. Origine des Bombes.

LIV. I. CHAP I. Origine des Bombes.

les Villes des Ennemis; il eſt conſtant que c'étoit toute autre choſe que nos Bombes que l'on charge de Poudre à Canon, dont on n'avoit alors aucune conoiſſance.

Les premieres que l'on a veuës ont été jettées dans la Ville de Wacthendonch en Gueldres que le Comte de Mansfeld aſſiegeoit ſous le Prince de Parme en l'année 1588. où ces Bombes ayant en peu de temps ruiné tous les logemens, elles êtonnerent tellement ceux de la Place qu'ils furent contraints de ſe rendre.

L'on dit qu'un Habitant de Venlo dans la même Province les avoit inventées quelque temps auparavant, pour s'en ſervir ſeulement aux feux d'artifice de plaiſir: Et que pour divertir le Duc de Cleves, qui ſe trouvoit alors à Venlo, il en avoit jetté pluſieurs en ſa preſence, dont l'une par malheur tombant dans une des maiſons, elle y avoit allumé un embrazement ſi horrible, que la meilleure partie de cette pauvre Ville en avoit été conſumée, ſans que l'on pût y apporter aucun remede. Il

Il y a des Historiens Hollandois qui rapportent, que peu de mois avant ce malheur, un Ingenieur Italien avoit fait quelques experiences semblables à Bergopson, pretendant rendre l'usage de ses bombes facile & utile pour la Guerre; mais qu'il s'êtoit miserablement brûlé lui-même, mettant le feu par hazard à la composition qu'il faisoit pour ce sujet.

LIV. I. CHAP I. Origine des Bombes.

Quoy qu'il en soit, il est tres-veritable que l'on n'avoit rien veu de pareil en ce temps-la : Bien que l'usage des mortiers soit peut-être autant ancien que celui des Canons mêmes, puisque nous en voyons de fer & de fonte d'une fort ancienne structure, & que nous sçavons que l'on s'en est fort servi dans les Guerres d'Italie au commencement du siecle passé, à jetter des pierres & des balles de Canon ardentes pour mettre le feu dans les Villes.

Il y a même le dessein d'un mortier qui lance un boulet enflammé parmi diverses autres pieces d'artillerie, qui sont figurées dans le frontispice du Li-

vre de *Nicolo Tartaglia* Mathematicien de Breſſe en Italie, imprimé en l'année 1538.

CHAPITRE II.
Premier uſage des Bombes en France par Maltus.

LIV. I. CHAP II. Premier uſage des Bombes en France par Maltus

LEs Eſpagnols & les Hollandois ſe ſont ſervi de Bombes & de Grenades dans les longues Guerres qu'ils ont eües enſemble : Mais c'eſt ſeulement en l'année 1634. au premier ſiege de la Motte, que nous en avons veu dans nos armées. Il n'eſt pas vray que l'on en ait jetté pendant le ſiege de la Rochelle, comme *Caſimir Siemienouski* Polonois l'a dit dans ſon Livre du grand Art de l'Artillerie. Le feu Roy avoit fait venir d'Hollande le ſieur Maltus Ingenieur Anglois pour cet effet ; Et nous l'avons veu en pluſieurs ſieges ſervir principalement aux batteries des Bombes avec beaucoup de ſuccés. A Colioure en l'année 1642., il en jetta une qui creva la Ciſterne & obligea les aſſiegez à ſe ren-

rendre plûtôt qu'ils n'auroient fait sans cet accident.

LIV. I. CHAP II. Premier usage des Bombes en France par Maltus

Il n'avoit point dans les commencemens toute l'experience qu'il a acquise dans la suite. Au premier siege de Landreci en l'année 1637., sa batterie étoit dans une redoute à l'attaque de Monsieur le Cardinal de la Valette ; Et l'on venoit se plaindre à tous momens que les Bombes qu'il pensoit jetter dans la Place, passoient par dessus & alloient tuer du monde dans la trenchée aux attaques de Monsieur de Candale & de Monsieur de la Meilleraye qui êtoient aux autres côtés de la Ville.

Il lui arriva même un assés grand malheur pendant ce siege. La curiosité ayant amené dans sa batterie plusieurs Officiers Generaux de l'armée, il tira quelques Bombes en leur presence ; mais enfin ayant mis le feu à la fusée d'une Bombe chargée, comme il voulut le mettre à l'amorce de la lumiere du mortier, sa meche se trouva éteinte ; il en prit l'épouvante & criant, sauve qui peut, il sauta le premier par dessus le

LIV. I. CHAP II. Premier usage des Bombes en France par Maltus

parapet de la redoute : chacun en voulut faire de même, mais la foule & le desordre furent si grands, que la Bombe crevant dans le mortier & le mettant en mille morceaux, elle tua ou estropia beaucoup de gens.

Cet Ingenieur fut tué au dernier siege de Gravelines par un malheur tout à fait extraordinaire. Il avoit remarqué un poste prés de la Contr'escarpe des Ennemis où il avoit dessein de pousser son travail à l'entrée de la nuit, & voulant le faire voir à l'Officier General, il fit un saut dans la tranchée pour en reconnoître la situation ; l'Officier en fit un aprés luy & n'ayant pas assés bien reconu l'endroit, il pria Maltus de sauter encore une fois pour le lui faire mieux remarquer : Maltus le fit & receut en l'air un coup de mousquet dans la tête. Ce qui fit dire par une espece de raillerie, qu'il avoit été tiré en volant.

Toute sa science étoit purement d'experience. Il n'avoit aucune connoissance des Mathematiques, ni d'aucune autre science qui pût lui faire sçavoir

voir la nature du mouvement des Bombes, & de la ligne courbe qu'elles décrivent dans l'air par leur passage, ou de la difference de leurs portées suivant les differences de leurs élevations. Il ne pointa jamais son mortier que par hazard & en tatonnant, ou pour mieux dire par l'estime qu'il faisoit de l'éloignement du lieu où il vouloit jetter la Bombe, suivant lequel il lui donnoit plus ou moins d'élevation ; prenant garde si les premiers coups étoient justes ou non, afin de baisser son mortier, si sa portée étoit courte ; ou le hausser, si elle alloit au dela de son but ; se servant à cet effet d'une esquerre dont il faisoit parade ; & dont je parleray amplement cy-aprés.

LIV. I. CHAP II. Premier usage des Bombes en France par Maltus

---

CHAPITRE III.

CHAP III.

Il y a des regles certaines pour les Jets des Bombes inconnuës aux Bombardiers.

LA plus grande partie des Officiers, qui servent presentement aux batteries des Bombes, sont des Elevés de Maltus ; & je n'en ay encore veu aucun,

LIV. I. CHAP III. Il y a des regles certaines pour le Jet des Bombes inconnües aux Bombardiers.

qui eut autre conoiſſance de cet art que de l'experience de pratique. Ceux qui en ont écrit parmi nous & Maltus luy-même, n'en diſent point d'avantage. Ils veulent que l'on ſçache à peu prés, par la pratique, l'élevation que l'on doit donner a 1 mortier pour le faire porter à la diſtance que l'on ſouhaite; Et que l'on ait le ſoin d'augmenter ou de diminuer cette élevation à proportion que la Bombe ſe trouve plus ou moins élognée ou en deça où en dela du but.

Mais comme il a des regles certaines & demonſtratives, fondées ſur la Geometrie & ſur la conoiſſance que l'on à acquiſe de la nature du mouvement des corps jettez, & de la ligne courbe qu'ils décrivent par leur paſſage en l'air; par le moyen deſquelles on peut raiſonner autant juſte que l'on le peut humainement ſur la differente étenduë des portées, non ſeulement des Bombes mais du Canon même en toutes ſortes d'Elevation: & comme on a ſur ce fondement inventé des inſtrumens qui peuvent donner des facilités extraordinaires à l'art de jetter les Bombes. J'ay

J'ay crû que je ferois ſervice au public ſi j'approfondiſſois cette matiere, recherchant avec ſoin ce qui en a été dit par les Auteurs, & faiſant remarquer ce qu'il y a de faux dans le raiſonnement des uns, & ce que l'on peut recevoir pour aſſûré dans les pratiques des autres.

LIV. I. CHAP III. Il y a des regles certaines pour le jet des Bombes inconües aux Bombardiers.

Il y a peu de matiere phyſique ſur laquelle on ait écrit plus de volumes que ſur la nature du mouvement des corps & dont pourtant on ait eu moins de conoiſſance par le paſſé. Tous les Philoſophes anciens ont fort bien ſçû que les mouvemens des corps qui tombent, & qu'ils ont appellé le mouvement naturel, s'augmentent inceſſament à meſure qu'ils s'élognent du commencement de leur cheute : mais perſonne n'a ſçû dire par quelle proportion ſe fait cette augmentation de viteſſe. Ils ont bien conu que les corps jettez en l'air, par un mouvement qu'ils ont appellé violent, y décrivent en paſſant une ligne courbe; mais il n'ont jamais dit de quelle nature eſt cette ligne, & quelles en ſont les proprietés.

CHAPITRE IV.

Sentiment de Tartaglia sur le jet des Bombes.

LIV. I. CHAP IV. Sentiment de Tartaglia sur le jet des Bombes.

NICOLO TARTAGLIA, Mathematicien de la Ville de Bresse dans l'Etat des Venitiens, duquel nous avons parlé cy-devant, & qui vivoit au commencement du siecle passé, est le premier qui a recherché l'un & l'autre, & qui en a voulu faire l'application au mouvement des boulets tirés par le Canon ou par le mortier.

Mais comme il a établi certains principes de physique, qui ne sont pas veritables; il ne faut pas s'êtonner que ses conclusions soient élognées du veritable genie de la nature. Il a crû qu'il n'y pouvoit avoir de mouvement qui fut composé du naturel & du violent; ce qui lui a fait dire que la ligne courbe qu'un boulet, sortant d'un mortier ou d'une piece d'Artillerie, décrit en passant dans l'air, se faisoit en partie par le mouvement violent dont la force va toûjours en diminuant, & en partie par le mouvement naturel qui augmente in-

inceſſamment de viteſſe à meſure qu'il s'élogne de ſon principe. Ce qui eſt faux dans la ligne que décrivent les Corps jettés dans laquelle ils diminuent inceſſamment de viteſſe.

LIV. I. CHAP. IV.

Sentiment de Tartaglia ſur le jet des Bombes.

Il avoit beaucoup medité ſur ce ſujet; & dans le titre du livre que nous avons de lui intitulé *de la ſcience Nouvelle*, il promet de donner l'ordre & la proportion avec laquelle les portées des coups de Canon ou de mortier s'augmentent ou diminuent ſuivant la differente élevation de la piece, & le moyen de calculer toutes les differentes étenduës des mêmes portées ſur la conoiſſance d'un ſeul coup tiré & meſuré. Il eſt vray que dans la ſuite de ſon diſcours il dit que, cette ſcience pouvant contribuer à la ruine & à la perte des hommes, il avoit reſolu de la ſupprimer, ſe reſervant neanmoins la faculté de l'enſeigner de vive voix à ceux qui s'en voudroient ſervir contre les Infideles.

Il a cependant produit pluſieurs choſes nouvelles pour la guerre; & nous pouvons dire en paſſant que c'eſt lui qui

LIV. I. CHAP. IV.

Sentiment de Tartaglia sur le jet des Bombes.

s'est avisé le premier d'arondir les flancs de ses Bastions en dedans de leur demi gorge ; dont je voy que l'on a renouvellé l'usage depuis peu parmi nous : Quoi que les raisons de *Tartaglia* soient bien differentes des nostres.

Les Courtines étoient extremement longues de son temps, & les Bastions tres-petits. L'attaque se faisoit alors le plus souvent au milieu de la courtine : ainsi il étoit bon de disposer le flanc de cette forme, afin que ces pieces pûssent non seulement les flanquer, mais tirer même dans le dos des breches que l'on y auroit faites : à quoy les flancs arondis en dedans font un merveilleux effet, contenant plus de pieces tournées vers la Courtine que les flancs en ligne droite.

Mais à present que les attaques se font aux faces des Bastions, il me semble que le Canon des flancs doit être principalement tourné de leur côté, & que ceux qui ne voient que la courtine ne sont pas de grand usage : Auquel cas il est faux de dire qu'un flanc arondi contienne plus de Canons voyans la face oppo-

oppofée, qu'un flanc droit ; Et cet ufage à mon fens, ne fert qu'à ôter du terrain dans la gorge du Baftion en la reffer-rant, à diminuer la défence en l'allon-geant, & à augmenter inutilement la dé-pence.

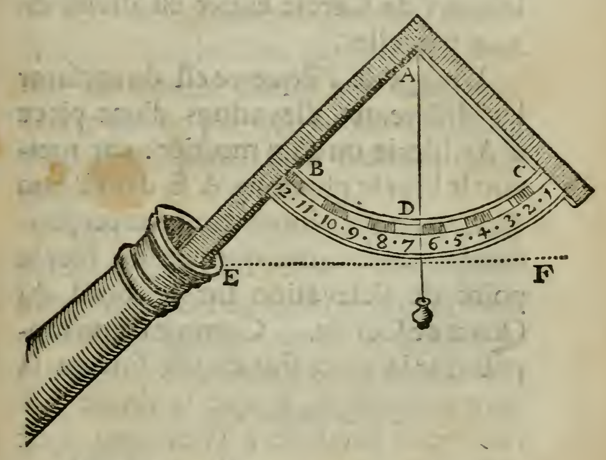
LIV. I. CHAP. IV. Senti-ment de Tar-taglia fur le jet des Bom-bes.

CHAPITRE V.

Equerre des Canoniers inventée par Tartaglla.

CHAP V.

C'Eft encore le même *Tartaglia* qui eft l'Inventeur de l'Equerre des Ca-noniers dont voici la figure.



Elle a deux bras attachez à angles droits,

LIV. I. CHAP V. Equerre des Canoniers inventée par Tartaglia.

dont l'un est plus long que l'autre, afin de pouvoir entrer dans l'ame de la piece que l'on veut pointer. Les bras sont enfermés d'un quart de Cercle, dont le centre est au point où ils sont joints, & où il a un filet attaché avec un plomb. Le quart de Cercle est divisé en 12. parties égales à commencer du côté du plus petit bras: ces parties s'appellent des *points*, & chaque point est encore divisé en 12. autres particules que l'on appelle des minutes: & par ce moyen le quart de Cercle entier est divisé en 144. parcelles.

L'usage de l'Equerre est de mesurer les differentes élevations d'une piece d'Artillerie ou d'un mortier: car mettant le bras le plus long A E. dans l'ame du Canon, le plomb tombant perpendiculairement, marque par son filet le point de l'élevation sur le bord du Quart de Cercle. Comme si l'on suppose que la piece soit élevée suivant la ligne droite E A, & que la droite E F soit mené parallele à l'horizon; il est aisé de démontrer que l'angle de l'Evation,

tion F E A, eſt égal à l'angle C A D qui eſt marqué par le nombre des points compris entre le bras C de l'Equerre & le filet A D.

LIV. I. CHAP V. Equerre des Canoniers inventée par Tartaglia.

Il y a apparence que *Tartaglia* a crû que les differentes étenduës des coups de Canon ou de mortier ſuivant leurs differentes élevations, croiſſoient ou decroiſſoient à proportion des points de ſon Equerre; C'eſt à dire qu'un coup d'une piece pointée au quatriéme point alloit quatre fois plus loin, que lors qu'elle êtoit pointée au premier point; & deux fois plus loin que lors qu'elle êtoit ſeulement élevée au deuxiéme. Car je ne voy pas que la diviſion de cet inſtrument puiſſe être d'aucun autre uſage.

Mais il a été bien trompé s'il a été perſuadé que les portées d'une piece s'augmentoient ou diminuoient ſuivant cet ordre, puiſque nous ſçavons par la raiſon & par l'experience, qu'elles ſuivent une proportion infiniment élognée de celle-la.

CHA-

LIV. I. CHAP VI.

CHAPITRE VI.

Autres découvertes de Tartaglia.

Autres découvertes de Tartaglia.

IL est neanmoins le premier qui se soit apperceu, qu'il êtoit absolument impossible qu'il y eut aucun endroit dans toute l'étendüe de la ligne, que le boulet ou la bombe décrit par son passage dans l'air, fut en ligne droite, & qu'il faloit necessairement que cette ligne fut courbe en toutes ses parties.

C'est le même qui a dit le premier que les coups tirés à l'élevation du sixieme point de son Equerre qui répond à l'angle de 45 degrez, êtoient ceux dont la portée êtoit de plus grande êtendüe, & qu'ils alloient plus loin non seulement que les coups tirés lors que la piece êtoit moins élevée comme au quatriême ou au cinquiéme point, mais que ceux même qui partoient d'une élevation au dessus comme au septiéme ou huitiéme point & même plus haut.

Il dit que les Canoniers de son temps êtoient persuadez que les coups tirés à deux

deux points au deſſous du ſixiéme, ê-toient plus grands que ceux du ſixiéme ; mais qu'ils en avoient été deſabuſés par ſa doctrine & par l'experience, aprés une gageure faite à Verone en l'année 1532, où l'on tira deux coups d'une Coulevrine de vingt livres chargée également de poudre & de balle, l'un ſur l'élevation du ſixiéme point, & l'autre ſur celle de deux points au deſſous.

LIV. I. CHAP VI. Autres decouvertes de Tartaglia.

Il avouë qu'il n'étoit pas preſent à l'experience & que ce qu'il dit de l'étenduë de chaque coup, n'eſt que ſur le raport des autres, qui lui firent entendre que le premier coup au ſixiéme point avoit porté à la longueur de 1972 perches Veroneſes qui ſont à peu prés égales à nos toiſes, & l'autre coup au deuxiéme point au deſſous du ſixiéme, à la longueur de 1872.

Surquoy il fait cette reflexion, qu'il faut dans la ſupputation de ces deux nombres, qu'il y ſoit arrivé de trois choſes l'une ; ou que l'on n'ait pas meſuré exactement l'étenduë de ces deux coups ; ou que l'on ne la lui ait pas rapportée

deux

LIV. I. CHAP VI. Autres de converses de Tartaglia.

au juſte ; ou que la piece au ſecond coup ait été plus chargée ou de meilleure poudre qu'au premier : parce, dit-il, que la raiſon lui fait conoitre que la portée du ſecond coup ne devoit pas être ſi grande à proportion du premier. S'il avoit marqué de combien elle devoit être moindre, nous pourrions tirer quelque conoiſſance de ſes ſentimens ; Mais il ne dit rien de plus.

Ce qu'il dit neanmoins que le ſecond coup ne devoit pas être ſi grand, eſt veritable ; car l'angle droit de l'Equerre étant partagé en 12. parties égales, chaque point contient $7\frac{1}{2}$. deg., & partant l'élevation à deux points au deſſous du ſixiéme eſt à 15. deg. ſous le demy droit, c'eſt à dire à 30. deg. ; ſuivant laquelle la portée ne devoit être au vrai que de 1710. perches, ſi celle de 45. deg. avoit été de 1972.

Cette difference ſi notable me fait conjecturer qu'il y a faute au texte de l'Auteur, & qu'au lieu de deux points au deſſous du ſixiême, il faut lire un point au deſſous du ſixiéme ; Car la

por-

LIV. I. CHAP. VI. Autres decouvertes de Tartaglia.

portée du second coup de 1872 perches supposé que celle du premier coup à l'élevation de 45. degrés fut de 1972. demande l'élevation de prés de 36. deg. qui n'est pas élognée de celle du cinquiéme point de l'Equerre, qui est un point au dessous du sixiéme.

Supposant donc, ce qui est tres veritable, que les differentes étenduës des coups de volée ne suivent point du tout la proportion des points de l'Equerre de *Tartaglia*; il paroît que pour s'en servir avec quelque utilité, il faudroit que le Canonier éprouvât sa piece élevée à tous les points & même à toutes les minutes de son Equerre, & qu'ayant exactement mesuré toutes les portées, il se souvint precisement de chacune pour s'en servir quand il auroit besoin de la faire chasser à une distance égale. Deplus il faudroit qu'il se souvint de donner toûjours la même charge & la même poudre à sa piece; autrement ses experiences seroient inutiles. Et ce qui est de plus incomode, c'est qu'elles ne lui pourroient servir en aucune maniere

pour

LIV. I. CHAP VI.

Autres découvertes de Tartaglia.

pour les coups tirés d'une autre piece ; ſur laquelle il faudroit qu'il fit de nouvelles épreuves. De ſorte que comme il eſt moralement impoſſible de faire un art ſur la diſpoſition de tant & de ſi differentes experiences, & dont il eſt même tres-difficile de ſe ſouvenir; Il paroit que cet inſtrument ne ſert à proprement parler qu'à faire parade d'une fauſſe capacité.

L'utilité que les plus habiles d'entr'eux ont accoutumé d'en tirer, eſt de remarquer au juſte l'élevation des premiers coups, qu'ils tirent, comme j'ay dit, ſur l'eſtime de la diſtance & ſur la connoiſſance qu'ils ont à peu prés par la pratique de la portée de leur piece ou de leur mortier. Auquel cas l'Equerre ordinairement diviſée par degrez eſt bien plus univerſelle & peut ſervir à beaucoup d'autres uſages. Elle eſt, comme celle de *Tartaglia* compoſée de deux bras inegaux à angles droits, dont le plus grand ſert à mettre dans la piece, ou dans le Mortier. Le quart de Cercle eſt diviſé en 90. degrez à commencer du bras le plus court, & le plomb eſt attaché par un filet au cen-

centre. Quelques uns font paſſer l'arc de cercle au dela du plus petit bras, afin de



s'en ſervir pour les coups pointés au deſſous du rés de chauſſée. LI-

LIV.II.

LIVRE SECOND.

Sentimens des Auteurs modernes ſur la nature du jet des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

Sentiment de Diego Vſano ſur les coups de volée.

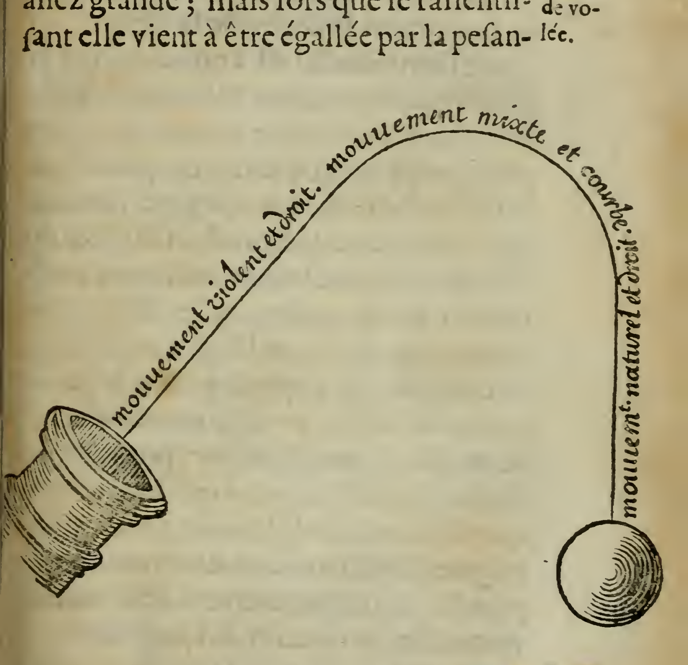
CHAP. I. Sentiment de Diego Uſano ſur les coups de volée.

VN Capitaine Eſpagnol appellé *Diego Vſano* qui avoit long temps ſervi dans l'Artillerie aux guerres de Flandre, & particulierement au ſiege d'Oſtende fit, en l'année 1611. imprimer un livre rempli de beaucoup de doctrine ſur ce ſujet, dans lequel entr'autres obſervations curieuſes, il enſeigne une maniere particuliere de calculer les portées des coups de volée: Laquelle eſt à la verité ſubtile & ingenieuſe; mais elle n'eſt point veritable, parce que cet officier n'a pas conû la nature de la ligne courbe que le boulet décrit en paſſant dans l'air.

Il y diſtingue trois mouvemens, dont le premier qu'il appelle violent eſt en ligne droite, le ſecond qu'il appelle mixte eſt en ligne courbe, & le troiſiéme

me qu'il appelle mouvement pur ou naturel eſt auſſi en ligne droite. C'eſt à dire qu'il conçoit que la force de la poudre communique au boulet un mouvement qui le porte en ligne droite ſuivant la direction de la piece tant que cette force eſt aſſez grande ; mais lors que ſe rallentiſſant elle vient à être égallée par la peſan-

LIV. II. CHAP. I. Sentiment de Diego Ufano ſur les coups de volée.



teur du boulet, la direction de la ligne ſe chan-

LIV. II. CHAP. I. Sentiment de Diego Ufano sur les coups de volée.

change, & elle devient courbe par le mélange des deux impreſſions: Et cette courbe devient droite & perpendiculaire lors que la peſanteur, ayant entierement ſurmonté & même effacé la force imprimée par le feu, elle ſe trouve en liberté de porter le boulet en ligne droite vers le centre de la terre.

Ce ſentiment lui eſt commun avec la plûpart des Ingenieurs & Canoniers Italiens & Allemans, qui n'ont pas compris que la gravité d'un corps n'eſt jamais oiſive; & que quelque violente que puiſſe être l'impreſſion du feu du Canon qui porte le boulet ſuivant la direction de la piece, elle n'empêche pourtant point que le boulet au ſortir de ſa bouche, ne ſe porte toûjours vers le centre de la terre avec les mêmes degrés de viteſſe, dans les mêmes proportions des temps, & par les mêmes intervalles, que s'il tomboit de lui-même ou de ſon propre poids ſans être autrement tranſporté. Et ce mouvement de cheute étant different de celui de l'impreſſion, il altere neceſſairement la ligne de la direction

rection du boulet, laquelle par ce moien ne peut jamais être droite comme ils le prétendent. Mais cette matiére sera ci-après expliquée plus particuliérement.

LIV. II. CHAP. II.

Découvertes du même Ufano.

CHAPITRE II.

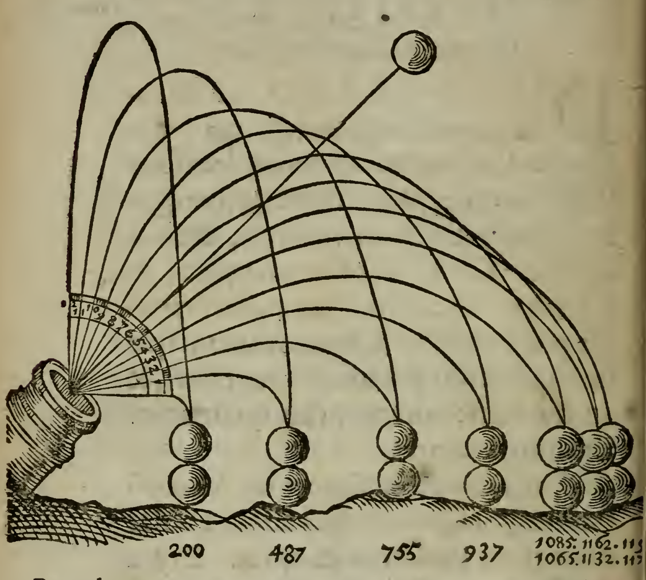
Découvertes du même Ufano.

DIEGO UFANO est néanmoins un des premiers qui aient sçû que les portées des coups tirés sous l'élévation des points de l'Equerre également éloignez du sixiéme, êtoient égales. C'est-à-dire qu'une piéce de Canon ou un mortier pointé au septiéme point chassoit justement autant que lors-qu'il êtoit pointé au cinquiéme, & au huitiéme autant qu'au quatriéme. Et ainsi des autres.

Voici une de ses figures où les chiffres des portées sont tirés de ses Tables dont nous parlerons ci-après. Il y a des fautes considérables dans ceux de la figure de son livre que j'ai corrigées dans celle-ci, où j'ai mis les portées à peu près dans la distance qu'elles doi-

LIV. II. CHAP. II. Découvertes du même Ufano.

vent être à proportion des nombres qui leur répondent ; ce qui n'eſt pas dans celle de l'Auteur où les portées ſont éloignées également l'une de l'autre. Sa plus grande portée au ſixiéme point n'eſt marquée que de 1170 pas, au



Pont de l'ane.

cinquiéme de 1132, & au quatriéme de 1065 ; au lieu deſquels nombres j'ai mis 1190 pas pour le ſixiéme point, 1162 pour le cinquiéme, & 1085 pour

le

le quatriéme. Je dirai les raisons de ce changement lors-que j'aurai expliqué la métode générale qu'il enseigne pour calculer les portées.

LIV. II. CHAP. II. Découvertes du même Ufano.

TABLE D'UFANO.

dégrez.	portées.	
0	200 pas.	
1	244	44
2	287	43
3	329	42
4	370	41
5	410	40
6	449	39
7	487	38
8	524	37
9	560	36
10	595	35
11	629	34
12	662	33
13	694	32
14	725	31
15	755	30
16	784	29
17	812	28
18	839	27
19	865	26
20	890	25
21	914	24
22	937	23
23	959	22
24	980	21
25	1000	20
26	1019	19
27	1037	18
28	1044 *	17
29	1056 *	16
30	1065 *	15
31	1079 *	14
32	1082	13
33	1094	12
34	1105	11
35	1115	10
36	1124	9
37	1132	8
38	1149	7
39	1155	6
40	1160	5
41	1164	4
42	1167	3
43	1169	2
44	1170	1
45	1171	1

Outre les nombres qu'il donne pour les coups élevés aux points de l'Equer-

LIV. II. CHAP. II.

Découvertes du même Ufano.

re de *Tártaglia*, il donne une ſuite entiére pour les élévations à chaque dégré, dans laquelle ſuppoſant, comme il a fait dans ſa figure, que la portée du coup de point en blanc, qu'il appelle le point de l'ame, ſoit de 200 pas à $2\frac{1}{2}$ piés pour pas; il dit qu'à l'élévation d'un dégré elle ſera de 244 pas; à celle de 2 dégrés de 287. &c. ce que j'ai réduit en cette table; dans laquelle il paroît, comme j'ai dit, qu'il a pris les nombres qui ſont dans ſa figure. Car le prémier eſt en l'un & en l'autre pour le coup de point en blanc; le ſecond au prémier point de l'Equerre, qui eſt élevé à $7\frac{1}{2}$ dégrés répond ſeulement au 7 dég. de la table; le troiſiéme au ſecond point répond, comme il faut, au 15 dégré; le quatriéme ſur le troiſiéme point qui eſt élevé à $22\frac{1}{2}$ dég., répond au 22; le cinquiéme ſur le quatriéme point, répond auſſi, comme il faut, à 30 dég.; le ſixiéme ſur le cinquiéme point élevé à $37\frac{1}{2}$ dégré, répond à 37; & le dernier ſur le ſixiéme point élevé à 45 dég. répond à 44 deg.

Cet-

Cette table a des défauts. Le premier eſt que donnant une aſſés grande étenduë à la portée de point en blanc, il en donne autant à celle du douziéme point de l'Equerre, c'eſt à dire lors-que la piéce eſt pointée perpendiculairement; ce qui eſt impoſſible. Car quoi que l'étenduë de point en blanc puiſſe être aucunement conſidérable, tant parce que la piéce eſt ordinairement quelques piés au deſſus du rez de chauſſée, qu'à cauſe que la poudre éleve le boulet au dedans de l'ame du Canon, & fait que ſortant de la bouche il eſt naturellement porté en haut, comme nous l'expliquerons mieux ciaprès; l'on ne peut pas dire néanmoins que le boulet d'une piéce pointée à plomb puiſſe monter autrement qu'à plomb & deſcendre par un autre chemin que celui par lequel il eſt monté.

LIV. II. CHAP. II. Découvertes du même Ufano.

L'autre défaut eſt que les nombres ne ſe ſuivent pas par tout avec proportion, & particuliérement depuis le nombre qui répond au 29 dég. car dans tous les chiffres de la table il pa-

LIV. II. CHAP. II. Découvertes du même Ufano.

roit que leurs differences diminuent également & qu'ils ſont moins éloignés l'un de l'autre à meſure qu'ils répondent à plus grand nombre de dégrez ; cependant la différence des deux nombres 1037 & 1044 qui répondent à 27 & 28 dég n'eſt que 7 ; celle des nombres 1044 & 1050 répondans à 28 & 29 dég. n'eſt que 6 ; qui ſont l'une & l'autre beaucoup moindres que la différence des deux nombres ſuivans 1050 & 1065 répondans à 29 & à 30 dég. qui eſt 15.

Un autre défaut eſt qu'il ne donne rien pour l'étenduë de la plus grande élévation de 45 dég. ; il dit ſeulement qu'elle doit être d'un pas plus grande que celle de 44 dég. ; & comme la différence des portées à l'élévation de 43 & 44 dégrés n'eſt auſſi que d'un pas, il s'enſuit que ces différences ſont égales, c'eſt à dire hors de la proportion de toutes les autres.

Tout ceci me fait préſumer que ni les nombres de cette table ni la régle qui les a produits, ne ſont point de l'invention de cet Auteur ; & qu'il

peut

peut être que lui ayant été communiquez d'ailleurs, il les a transcrits sans les bien entendre & avec assez de désordre ; ce qui se conoîtra encore mieux dans la suite.

LIV. II. CHAP. II. Découvertes du même Ufano.

CHAPITRE III.

Pratique d'Ufano examinée.

VOici cependant cette régle ou pratique, que j'appelle fort ingénieuse, & qu'il nous donne pour calculer l'étenduë de tous les coups de volée en toutes sortes d'élévation. Il fait prémiérement l'épreuve de sa piéce à l'élévation d'un dégré, qu'il appelle à raz de métail, dont il mesure l'étenduë. Il en divise le nombre des mesures par 50 & multiplie le quotient par 11 ; le produit est ce qu'il nomme la *totale progression*, laquelle il faut ajoûter au prémier nombre pour avoir l'étenduë du coup à l'élévation de 2 dég., & ainsi de suite, en le diminuant néanmoins à chaque fois d'un autre nombre qui lui vient en divisant cette totale progression par 44.

CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée.

LIV. II CHAP. III.

Pratique d'Ufano examinée.

Ainsi suppofant, comme il dit, que sa piéce élevée à raz de métail ou à un dégré, ait porté à 1000 pas ; il divise 1000 par 50, & le quotient qui est 20 multiplié par 11, donne 220 pour le nombre qu'il appelle *la totale progression*, qu'il faut toûjours ajoûter de dégré en dégré, le diminuant toutefois à chacun du nombre de 5 qui vient de la division de 220 par 44.

Ceci posé : l'élévation d'un dégré donnant 1000 pas ; celle de deux dégrez donnera 1220 ; celle de 3 dég. 1435, qui vient en ajoûtant 220 moins 5 ou 215 au précédent 1220 ; celle de 4 dég. 1645 fait en ajoûtant 215 moins 5 ou 210 au précédent 1435 ; celle de 5 dégrez 1850 provenant de l'addition de 210 moins 5 ou 205 au précédent 1645 ; & ainsi des autres. Dont j'ai fait la table suivante, dans laquelle j'ai mis non seulement les dégrés depuis un jusqu'à 45 en montant. Mais même ceux qui leur répondent depuis 90 jusqu'à 45 en descendant. J'ai aussi mis à côté les différences qui

qui diminuent de cinq à chaque dégré.

Ta table précédente a été tirée de la même régle, ce que Ufano n'a peut-être pas compris; il faut ſeulement poſer que la portée de 200 pas, qu'il dit être celle de but en blanc, & qu'il appelle le point de l'ame, eſt celle de l'élévation d'un dégré ou à raz de métail; car par ce moïen diviſant 200 par 50 & multipliant le quotient 4 par 11, vous aurez 44 pour le nombre de *la totale progreſſion*, lequel êtant diviſé par 44 donne 1 pour le nombre qu'il faut ôter de la progreſſion à chaque dégré.

LIV. II. CHAP. III.

Pratique d'Ufano examinée.

Ainſi poſant 200 pour 1 dégré, nous aurons 244 pour 2 dég. & pour 3 dég. 287 qui vient de l'addition de la progreſſion 44 moins 1 ou 43, au nombre précédent 244; pour 4 dégrez 329 en ajoûtant 43 moins 1 ou 42, au précédent 287; & pour 5 dégrez 370 en ajoûtant 42 moins 1 c'eſt à dire 41, au nombre précédent 329; & ainſi des autres.

Par ce moyen l'on conoît la plus grande étenduë à l'élévation de 45 dég. proportionnée à toutes les autres. De

LIV. II. CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée.

plus l'on découvre l'erreur qui s'est faite dans la suite des nombres de la table de l'Auteur, qui répondent au 29 dég. car au lieu de 1044 qui n'est éloigné que de 7 du précédent 1037, il faut mettre 1054 afin que la différence soit

TABLE
sur
l'Hipothese d'Usano.

dégrez.		portées.	diff.
90	0	0	0
89	1	1000	0
88	2	1220	220
87	3	1435	215
86	4	1645	210
85	5	1850	205
84	6	2050	200
83	7	2245	195
82	8	2435	190
81	9	2620	185
80	10	2800	180
79	11	2975	175
78	12	3145	170
77	13	3310	165
76	14	3470	160
75	15	3625	155
74	16	3775	150
73	17	3920	145
72	18	4060	140
71	19	4195	135
70	20	4325	130
69	21	4450	125
68	22	4570	120
67	23	4685	115
66	24	4795	110
65	25	4900	105
64	26	5000	100
63	27	5095	95
62	28	5185	90
61	29	5270	85
60	30	5350	80
59	31	5425	75
58	32	5495	70
57	33	5560	65
56	34	5620	60
55	35	5675	55
54	36	5725	50
53	37	5770	45
52	38	5810	40
51	39	5845	35
50	40	5875	30
49	41	5900	25
48	42	5920	20
47	43	5935	15
46	44	5945	10
44		5950	5

LIV. II CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée.

TABLE
sur
l'Hipothése d'Ufano.

degréz.	portées.		diff.
90	0	0	0
89	1	200	0
88	2	244	44
87	3	287	43
86	4	329	42
85	5	370	41
84	6	410	40
83	7	449	39
82	8	487	38
81	9	524	37
80	10	560	36
79	11	595	35
78	12	629	34
77	13	662	33
76	14	694	32
75	15	725	31
74	16	755	30
73	17	784	29
72	18	812	28
71	19	839	27
70	20	865	26
69	21	890	25
68	22	914	24
67	23	937	23
66	24	959	22
65	25	980	21
64	26	1000	20
63	27	1019	19
62	28	1037	18
61	29	1054	17
60	30	1070	16
59	11	1085	15
58	32	1099	14
57	33	1112	13
56	34	1124	12
55	35	1135	11
54	36	1145	10
53	37	1154	9
52	38	1162	8
51	39	1169	7
50	40	1175	6
49	41	1180	5
48	42	1184	4
47	43	1187	3
46	44	1189	2
45		1190	1

17 ; & au lieu de 1050 qui vient après, il faut mettre 1070 ; & 1085 au lieu de 1065 & ainsi des autres, comme on le voit dans la seconde Table que j'ai corrigée & faite pour ce sujet où les nombres & les différences sont marquées.

LIV. II. CHAP. III.

J'ai dit que cette régle êtoit ſubtile & ingénieuſe, mais qu'elle n'êtoit point véritable ; parce que l'on a reconu par l'expérience & par la raiſon, que les coups de volée d'un Canon ou d'un mortier ſelon les différentes élévations

Prati-que d'Uſa-no exa-mi-née.

Portées véritables ſur les Poſitions d'Uſano.

dégrez.		portées.
90	0	0
89	1	1000
88	2	2000
87	3	2991
86	4	3986
85	5	4974
84	6	5957
83	7	6931
82	8	7897
81	9	8854
80	10	9799
79	11	10733
78	12	11307
77	13	12559
76	14	13449
75	15	14327
74	16	15186
73	17	16023
72	18	16842
71	19	17642
70	20	18412

deg ez.		portées.
69	21	19175
68	22	19897
67	23	20605
66	24	21292
65	25	21948
64	26	22579
63	27	23180
62	28	23754
61	29	24301
60	30	24811
59	31	25298
58	32	25757
57	33	26117
56	34	26567
55	35	26922
54	36	27152
53	37	27541
52	38	27805
51	39	28029
50	40	28218
49	41	28372
48	42	28496
47	43	28584
46	44	28636
45		28653

ſui-

LIV. II. CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée.

Portées veritables sur les positions d'Ufano.

degréz.		portées.	degréz.		portées.
90	0	0	69	21	3834
89	1	200	68	22	3978
88	2	400	67	23	4120
87	3	595	66	24	4258
86	4	797	65	25	4388
85	5	994	64	26	4514
84	6	1190	63	27	4636
83	7	1386	62	28	4750
82	8	1578	61	29	4860
81	9	1770	60	30	4962
80	10	1958	59	31	5058
79	11	2146	58	32	5150
78	12	2272	57	33	5234
77	13	2510	56	34	5312
76	14	2688	55	35	5384
75	15	2864	54	36	5450
74	16	3036	53	37	5508
73	17	3204	52	38	5560
72	18	3368	51	39	5604
71	19	3528	50	40	5642
70	20	3682	49	41	5674
			48	42	5698
			47	43	5716
			46	44	5726
			45		5730

ſuivent une proportion beaucoup éloignée de celle-ci. Car poſé que le coup au premier dégré ſoit de 1000 meſures; il ſera de 2000 à deux dégrez qui eſt bien loin de 1220; de 2991 au troiſié- dég. au lieu de 1435; de 28653 au qua-

 rante

LIV.II. CHAP. III. Pratique d'Ufano examinée.

rante cinquiéme dég. qui est plus de cinq fois 5950 & ainsi des autres.

Ainsi posant que le coup au prémier dégré soit de 200 pas ; au second il sera de 400 & non pas de 244 ; au troisiéme de 595 au lieu de 287 ; au quarante-cinquiéme de 5730 au lieu de 1190 ; & ainsi du reste, dont j'ai mis ici les deux tables par avance, afin que les comparant aux précédentes, l'on en puisse mieux reconoître les défauts; qui paroîtront encore plus clairement, lors-que l'on aura bien compris ce que je dirai ci-aprés de la nature du mouvement.

CHAPITRE IV.

Pratique de Loüis Collado examinée.

CHAP. IV. Pratique de Loüis Collado examinée.

LA pratique manuelle de l'Artillerie de Loüis Collado Ingenieur du Roi d'Espagne dans le Milanois, avoit êté imprimée quelque tems avant le livre de Diego Ufano dont nous venons de parler. Cet auteur fait un Chapitre dans son troisiéme livre, de la ma-

manière de tirer des balles avec le mortier; dans lequel il explique principalement la nécessité qu'il y a d'en fortifier les affuts, à cause que les mortiers ne reculant point comme les piéces de Canon, c'est aux affuts à porter tout l'effort du coup. Puis ayant fait voir comme il faut les charger, il dit que leur usage n'est point pour battre des murailles ni pour tirer de point en blanc, mais bien pour êlever de telle maniére la balle en haut par un mouvement violent & forcé, que venant à tomber de son mouvement naturel, elle puisse nuire aux ennemis dans l'endroit que l'on désire; ce qui ne se fait, dit-il, que par le moyen des *points de l'Equerre* & donnant à la piéce ou au mortier l'élévation que demande la chose à laquelle on tire, qui est une pratique que l'on laisse *au jugement d'un bon Canonier.*

LIV. II CHAP. IV. Pratique de Loüis Collado examinée.

Il croyoit ce que la plûpart des Canoniers ont crû devant & après lui, que le boulet au sortir de la bouche du Canon marchoit en ligne droite tant que

LIV. II CHAP IV. la force de l'impreſſion de la poudre étoit plus grande que celle de ſa péſanteur, & qu'il décrivoit une ligne courbe auſſi-tôt que le poids pouvoit contre-balancer la force mouvante; laquelle courbe dégénéroit enfin en ligne droite & perpendiculaire, quand le poids ſe trouvoit le plus fort. Il a ſçû que la plus grande portée d'une piéce étoit au ſixiéme point de l'Equerre; mais il a crû que celles des points au deſſus étoient moindres que celles des points qui leur répondent au deſſous.

Pratique de Loüis Collado examinée.

Il rapporte même une expérience, qu'il a faite avec un fauconneau de trois livres de balle élevé ſuivant les divers points de l'Equerre, ſur laquelle il conſeille les Canoniers de ſe régler pour les portées de toutes leurs piéces. Il dit donc que ſon fauconneau pointé à niveau de l'ame a chaſſé 368 pas; au premier point de l'Equerre 326 pas au delà, qui font, dit-il, en tout 594; au ſecond point 200 pas deplus, qui font en tout 794; au troiſiéme point 160 pas deplus, & en tout 954; au quatriéme point

point 56 pas au delà, & en tout 1010; au cinquiéme point 30 pas deplus, & en tout 1040; & au sixiéme point seulement 13 pas au delà, qui font en tout 1053 pas pour la plus grande portée.

LIV. II CHAP IV. Pratique de Loüis Collado examinée.

Il ne rapporte point les nombres des pas des portées de son fauconneau élevé au dessus du sixiéme point; il dit seulement qu'au septiéme point sa balle chût plusieurs pas en deça de la portée du sixiéme; au huitiéme point elle tomba entre la portée du troisiéme & du second point; au neuviéme point entre celle du second & du premier. Et qu'au dixiéme point la balle chût tout près de la piéce.

Je ne m'arrêterai pas à raisonner sur le rapport de cet Auteur & sur le peu de sûreté qu'il y a à ces expériences. Je dirai seulement en passant qu'il y a faute dans les chiffres de ses nombres, & qu'il faut qu'au premier point de l'Equerre sa piéce n'ait pas chassé, comme il dit, 326 pas plus loin qu'elle n'avoit à niveau de l'ame; mais seulement 226 pas, parce que 368 & 326 ne sont pas, comme il dit, 594 mais bien 694.

CHA-

LIV. II CHAP. V.

CHAPITRE V.

Sentiment de Rivaut de Flurance.

Sentiment de Rivaut de Flurance.

IL parut au commencement de ce ſiécle un livre des êlemens de l'Artillerie composé par un nommé Rivaut de Flurance, qui prétend démontrer la plûpart des effets du Canon ſur les principes de la Philoſophie d'Ariſtote; il y enſeigne une doctrine particuliére pour la différence des portées d'une piéce ſuivant ſes différentes inclinations; laquelle eſt tellement éloignée de la vérité & de la raiſon, que je ne voudrois pas m'arrêter à y contredire; ſi je ne craignois que l'autorité de celui qui l'a produite, ne pût faire impreſſion ſur l'eſprit de ceux qui ne ſont pas capables d'en bien juger.

Car cet Auteur eſt le même David Rivaut de Flurance qui nous a depuis donné une traduction Latine des ouvrages Grecs d'Archimede avec quelques commentaires, où il prend le nom de Précepteur du Roi Louïs treize, à qui, comme je crois, il avoit enſeigné les Mathematiques. C'ê-

C'êtoit un homme d'une tres-grande Erudition, qui avoit lû une infinité de bons livres, qui avoit une connoiſſance parfaite de la langue Greque & des autres langues Orientales: Il avoit êtudié plus que mediocrement aux Mathematiques ; & c'eſt un malheur pour lui d'avoir entrepris de travailler ſur les ouvrages d'Archimede & de n'avoir pas connû que ſes forces n'êtoient pas ſuffiſantes pour un ſi grand fardeau.

LIV. II CHAP. V. Sentiment de Rivaut de Flurance.

CHAPITRE VI.

Origine des Arquebuſes à vent.

JE crois devoir dire ici en paſſant qu'il donne dans ſon livre des êlemens de l'Artillerie, la figure & la conſtruction d'une Arquebuſe à vent qui avoit été inventée par un nommé *Marin Bourgeois de Lizieux* & préſentée au Roi Henri le Grand ; afin de déſabuſer ceux qui ont crû que l'on en devoit le ſecret à des ouvriers d'Hollande qui en ont débité depuis lui.

CHAP. VI. Origine des Arquebuſes à vent.

CHA-

LIV. II. CHAP. VII.

CHAPITRE VII.

Pratique de Rivaut examinée.

Pratique de Rivaut examinée.

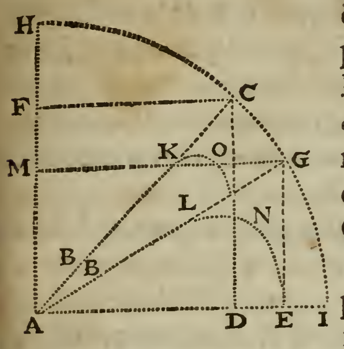
VOici ce qu'il juge ſur la différence des portées du Canon. Il en diſtingue de trois ſortes qu'il appelle *la portée du point en blanc, la portée moyenne & la portée morte.* La portée du point en blanc eſt, dit-il, la ligne droite que la balle décrit juſqu'à ce que ſa péſanteur commence à vaincre la force mouvante & décliner en l'arc de ſa chûte. La portée moyenne eſt la ligne de la portée de point en blanc conduite droit juſqu'à ce qu'elle rencontre la perpendiculaire êlevée ſur l'horizon au point où la balle eſt tombée. La portée morte eſt la diſtance entre le Canon & le lieu où la balle eſt tombée à terre. Ce qu'il explique par cette figure.

Le Canon A B eſt pointé ſuivant les angles I A C ou I A G : le boulet ſortant de ſa bouche marche, dit-il, en ligne droite juſqu'en K ou en L, où la péſanteur commençant à vaincre la force mouvante, il commence à marcher par la ligne courbe KO, ou L N & tom-

tomber enſuite aux points D & E ; d'où élevant des perpendiculaires D C & E G qui rencontrent en C & en G les droites A K & A L prolongées ; il dit que la ligne droite A K ou A L eſt *la portée de point en blanc ;* A C ou A G *la portée moyenne ;* & AD ou AE *la portée morte.*

LIV. II. CHAP. VII.

Pratique de Rivaut examinée.



En-ſuite après avoir dit que les portées de point en blanc ne ſe peuvent conoître que par l'expérience & en reculant ou avançant la piéce juſqu'à ce qu'étant pointée au niveau de l'ame, elle chaſſe préciſément à un but déterminé ; il ſuppoſe par maniére de Petition que la portée moyenne ſoit la même dans toutes les élévations, d'où il conclud que les portées mortes ſont entr'elles comme les ſinus du complement des angles dans

les

LIV. II. CHAP. VII.

Pratique de Rivaut examinée.

lesquels la piéce est êlevée. C'est à dire que la portée A E de la piéce élevée en I A G, est à la portée A D de la même piéce êlevée en I A C, comme le sinus du complement de l'angle I A G, est au sinus du complement de l'angle I A C.

Car supposé que les droites A C & A G, qui sont les portées moyennes, soient égales, ainsi qu'il le demande, le Cercle I G C H décrit du centre A, passera par G & par C; & les perpendiculaires G E & C D seront les sinus des angles I A G & I A C; & les droites G M & C F seront les sinus de leurs complemens; mais les droites G M & C F sont êgales aux portées mortes A E & A D; donc les portées mortes sont entr'elles comme les sinus de complement des angles de leurs inclinations. Ce qui est vrai sur cette hypothese que les portées moyennes A G & A C soient êgales; mais comme c'est une supposition fausse, il ne faut pas s'êtonner de la fausseté de la conclusion.

Et

Et sans m'arrêter à une plus longue discussion, il suffit de prendre garde que par ce raisonnement toutes les portées depuis celle du niveau de l'ame jusqu'à celle du sixiéme point, vont toûjours en diminuant; car la portée A I du niveau de l'ame est plus grande que la portée A E qui est de la piéce êlevée par exemple au troisiéme point; & la portée A E plus grande que A D à l'élévation du sixiéme point; & ainsi des autres. Ce qui est absolument faux: & l'expérience nous fait voir que les portées vont toûjours en augmentant jusqu'au sixiéme point; c'est à dire jusqu'à l'élévation de 45 dégrez; aprés lequel elles diminuent jusqu'à celle de 90 dégrez qui est du douziéme point de l'Equerre, mais avec une proportion extrémement êloignée de celle des sinus de complement des angles de leurs inclinations.

LIV. II. CHAP. VII.

Pratique de Rivaut examinée.

CHA-

LIV.II. CHAP. VIII.

CHAPITRE VIII.

Le grand Art de l'Artillerie de Siemienowski.

Le grand Art de l'Artillerie de Siemienowski.

CAZIMIR SIEMIENOWSKI Gentil-homme Polonois & autrefois Lieutenant Général de l'Artillerie de Pologne, a recherché avec un ſoin incroyable ce qui pouvoit appartenir à ce ſujet, dont il a fait un excellent livre en langue latine appellé *le grand Art de l'Artillerie*. La premiére partie en a été imprimée en Hollande en l'année 1650, & nous n'aurions peut-étre rien à déſirer ſur cette matiére ſi la ſeconde partie avoit été donnée au public. Car il dit dans ſon avant propos que cette partie eſt pleine d'une infinité de belles conoiſſances, dont celles-ci, qui ſont à nôtre ſujet, ne ſont pas les moins conſidérables; promettant d'enſeigner à fond l'Art de pointer le Canon & lui donner les élévations ou dépreſſions néceſſaires pour les faire chaſſer à une diſtance donnée, & de ſavoir à quelle diſtance il portera

tera suivant ses différentes élévations. LIV. II. CHAP. VIII.

Il promet dans le second Livre une doctrine complete des mortiers, de leur origine, de leurs diverses figures, de leur usage, & des tables pour la proportion des portées en toutes sortes d'élévations. Mais toutes ces belles assûrances sont vaines si cette seconde partie ne tombe un jour entre les mains de quelque personne qui veüille bien que le public en profite.

Le Grand Art de l'Artillerie de Siemienowski.

CHAPITRE IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

CHAP. IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

JE pensois avoir recouvré ce trésor dans un Livre qui me fut dernierement envoyé du Grand Art de l'Artillerie traduit en Allemand avec un supplément de la seconde partie, que je croïois être celle que l'Auteur nous avoit promise: mais je me suis trouvé bien loin de mes esperances, lors-qu'en le lisant j'ai connu que ce supplément n'êtoit pas de Sie-

LIV. II. CHAP. IX.

mienowski, mais d'un autre appellé Daniel Elrich, Maître Canonier ou Capitaine d'Artillerie de la Ville de Francfort sur le Mein, où ce Livre a été imprimé en l'année 1676.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

Ce n'est pas qu'il n'y ait beaucoup de bonnes choses dans cet Ouvrage; mais au sujet des Bombes, il n'y a rien qui puisse nous satisfaire. Quoi que, dans le sixiéme chapitre de son sixiéme Livre, il dise que pour se servir utilement du mortier, il y faut employer l'Equerre, qui dans sa figure est un Quart de Cercle divisé en 90 degrés qu'il appelle points de 10 en 10. Pour cet effet il veut que l'on fasse une croix de deux triangles de bois polies, à angles droits l'une sur l'autre, & égales au diametre du mortier, pour pouvoir être placée horizontalement à fleur de sa bouche; puis ayant fait un trou dans cette croix, il y fait entrer une pointe qui est à l'un des côtez du quart de cercle continué au dessous de sa circonference, afin que ce côté de l'Instrument

ment soit par ce moïen perpendiculaire à la bouche du mortier, & partant parallele à la ligne de l'ame.

LIV. II. CHAP. IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

Après quoi il dit que le mortier êtant situé à plomb, la balle tombera à deux ou trois pas de l'affût : quoi qu'il y en ait, dit-il, qui veulent qu'elle tombe précisément dans le mortier. Puis l'inclinant à l'angle de 10 dég. qu'il appelle le premier point, la balle s'en éloignera à la distance de 200 pas; parce, dit-il, qu'il faut donner 20 pas pour chaque dégré. A l'onziéme dégré 220 pas. Au douziéme 245. Au treiziéme 265. Au quatorziéme 290. Au quinziéme 305. Au seiziéme 330. Au dixseptiéme 345. Au dixhuitiéme 370. Au dixneuviéme 400. Au vintiéme 430. Car il faut, dit-il, savoir que le jet devient plus bas à mesure que le mortier est panché, & chasse par conséquent la balle par un plus grand Arc. Au troisiéme point qui est à 30 dég., la balle tombe à 775 pas. Au quatriéme c'est-à-dire à 40.

LIV. II. CHAP. IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

dég., elle tombe à 935. Et si le Mortier est incliné à l'angle de 42 dégrez, il fait alors le plus grand des jets de la balle qui est de 1050 pas. Quand il est panché au delà de 42 dég. jusqu'au sixiéme point qui est de 60 dég. la portée en est racourcie & la balle tombera comme elle a fait au quatriéme point ou à 40 dég. à la distance de 935 pas. Au septiéme point comme au troisiéme. Au huitiéme comme au premier. Et si on l'incline jusqu'à 90 dég.; ce sera, dit-il, *un tir de noyaux*, & la balle ne s'arrêtera pas seulement dans le mortier en cette situation: comme le tir à plomb s'éleve continuellement en l'air jusqu'à ce qu'il soit repoussé en arriere par sa pésanteur qui le fait retomber auprès du mortier.

Voilà toute la doctrine de cét Auteur que j'ai voulu comprendre dans cette Table où les portées sont marquées comme il l'ordonne à côté des dégrez de l'Equerre. Surquoi il y a diverses choses à considérer. La premié-

re

re eſt que le jet au douziéme dégré ſurpaſſant celui de l'onziême de 25 pas ; celui du treiziéme ne ſurpaſſe ſon précédent au douziéme que de 20 pas. Et celui du quatorziême ſurpaſſant le treiziéme de 25 pas ; celui du quinziéme n'excéde ſon précédent au quatorziéme que de 15 pas. Ainſi le ſeiziéme ſurpaſſant le quinziéme de 25 pas ; le dixſeptiéme ne ſurpaſſe le ſeiziême que de 15 pas. Qui ſont des irrégularitez que la nature du jet des Bombes ne ſouffre pas ; qui veut que les diſtances augmentent toûjours dans une certaine proportion depuis 1 dégré juſqu'à 45 ; d'où elles diminuent dans le même ordre juſqu'à 90. En ſecond lieu il êtablit la plus grande portée à l'angle de 42 dég., quoi qu'en effet elle ne ſoit dans ſa plus grande étenduë qu'à 45. Il paroit enfin qu'il s'eſt fort trompé quand il dit qu'au ſixiéme point, que l'on ne peut pas prendre autrement qu'à l'angle de 60 dég., la balle tombe à la même diſtance où elle êtoit tombée au qua-

LIV. II. CHAP. IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

	Portées d'Elrich.			*Vrayes.*	
	Dégrez.	Pas.		Pas de 5 piés.	
	1	20		20	$1\frac{1}{2}$
	2	40		40	4
	3	60		61	
	4	80		81	2
	5	100		101	3
	6	120		121	3
	7	140		141	$2\frac{1}{2}$
	8	160		159	$2\frac{1}{2}$
	9	180		180	$2\frac{1}{2}$
1	10	200		200	
	11	220	20	219	
	12	245	25	237	4
	13	265	20	256	2
	14	290	25	274	3
	15	305	15	292	2
	16	330	25	309	4
	17	345	15	327	3
	18	370	25	343	1
	19	400	30	360	
2	20	430		375	4
3	30	775		506	$2\frac{1}{2}$
4	40	935		575	4
	42	1050		581	3
	45			584	4
6	60	935		506	$2\frac{1}{2}$
7	70	775		375	4
8	80	220		200	

Pratique de Daniel Elrich examinée.

triéme ; & au ſeptiéme comme au troiſiéme. Ce qui eſt manifeſtement contraire à la raiſon & aux expériences, qui marquent que la portée au quatriéme point eſt la même que celle du cinquiéme ; celle du troiſiéme égale à celle du ſixiéme, celle du ſecond à celle du ſeptiéme ; celle du premier à celle du huitiéme, comme il dit ; & enfin celle du neuviéme ou de 90 dég. , à celle de o c'eſt-à-dire à la perpendiculaire.

Et pour faire mieux conoître de combien cette doctrine s'éloigne de la vérité, j'ai ajoûté dans cette Table les véritables portées en pas & en piés à cinq piés pour pas, que je prens pour pas Géometriques ; ſuppoſant, comme il a fait, que la portée au premier point, c'eſt-à-dire à 10. dégrés fut de 200 pas. Où il faut remarquer que je n'ai pas êté ſcrupuleux dans les fractions, que j'ai priſes pour rien quand elles ſe ſont trouvées moindres qu'un tiers de pié ; pour un pié quand elles ont êté au deſſus des deux

LIV. II. tiers; & pour un demi pié quand elles se sont rencontrées entre ces deux termes.

CHAPITRE X.

Sentiment de Galée.

CHAP. X. Sentiment de Galée.

LE Pere Mersene Minime rapporte dans un traité qu'il a fait sur cette matiére, qu'il appelle *de la Balistique*, qu'un nommé Galée autrefois Ingenieur de l'Archiduc Albert & du Marquis de Spinola, lui avoit donné un écrit de sa main qui contenoit diverses observations sur les portées du Canon.

Cét homme croyoit, comme plusieurs autres, que le boulet au sortir de la piéce faisoit beaucoup de chemin en ligne droite, ce qu'il appelloit la portée de point en blanc; après quoi sa route se changeoit en courbe jusqu'à ce qu'il fut à terre. Il appelloit l'étenduë entiére, depuis la bouche du Canon jusqu'au point de sa chûte sur le plan de l'horison, la portée

tée morte : & par les expériences qu'il avoit faites il prétendoit que la portée de point en blanc êtoit à peu près la moitié de la portée morte.

LIV. II CHAP. X.

Sentiment de Galée.

Il disoit qu'aux gros Canons la portée de point en blanc de niveau, êtoit à celle de la plus grande volée, qui se faisoit au sixiéme point de l'Equerre, c'est-à-dire sous l'angle de 45 dégrez, à peu près comme 1 à 11; qu'aux demi Canons elle êtoit comme 1 à $10\frac{1}{2}$; & qu'aux petites piéces elle n'êtoit que comme 1 à 10. D'où il conclut que la portée morte de niveau est à celle de la plus grande volée dans le gros Canon à peu près comme 1 à 6, ou comme 1 à 5 aux petites piéces; & que la portée de niveau êtoit à celle qui seroit faite sur l'élévation d'un dégré comme 5 à 6, ou au plus prés comme 53 à 67, ou bien comme 14 à 17.

Il assûroit qu'aux coups de la plus grande volée sous l'élévation de 45 dégrez, la portée de point en blanc, c'est à dire l'étenduë dans laquelle le

LIV. II. CHAP. X.

Sentiment de Galée.

boulet marche en ligne droite, eſt à la portée de point en blanc horizontale comme 5 à 1, ou au moins comme 9 à 2. Et que continuant en-ſuite à monter, ſa plus grande hauteur perpendiculaire n'eſt pas, ainſi que *Tartaglia* la crû, quadruple, mais bien près de quintuple de la portée de point en blanc horizontale. Deplus que cette plus grande hauteur perpendiculaire n'eſt pas éloignée de la bouche du Canon d'une diſtance ſeulement ſextuple, mais preſque ſeptuple de la même portée.

Cet Ingenieur s'eſt bien douté que la ligne que le boulet décrit dans la plus grande volée êtoit ou Hyperbolique ou Parabolique, non pas qu'il eût jamais fait aucun raiſonnement approchant des cauſes & de la nature de cette ligne, mais ſeulement à l'œil & par la force de ſes obſervations.

Au reſte il donne à l'étenduë du plus grand coup de volée d'un Canon 16200 piés ; & comme il ſuppoſe ainſi que nous avons dit, que la portée

tée morte horizontale eſt à cette plus grande portée comme 1 à 6; il s'enſuit par ſon calcul que cette portée morte qui ſe fait de niveau & ſans aucune elévation eſt de 2700 piés. LIV. II. CHAP. X. Sentiment de Galée.

CHAPITRE XI.

Pratique de Galée examinée.

SUr ce fondement il fait une table pour les portées d'une piéce en toutes ſortes d'élévations, qui eſt encore plus ingenieuſe que celle d'Uſano que nous avons expliquée ci-devant, quoi qu'elle ne ſoit guére plus véritable : car pour le dire en un mot, toutes ces raiſons de bien-ſeance ne quadrent point au génie de la nature. CHAP. XI. Pratique de Galée examinée.

Pour cet effet il ôte l'étenduë de la portée morte horizontale, qui eſt comme il dit de 2700 piés, de celle de la plus grande volée ſous l'élévation de 45 dégréz, qui eſt de 16200 piés, pour avoir leur différence 13500; laquelle il diviſe par la ſom-

LIV. II. CHAP. XI.

Pratique de Galée examinée.

me de tous les nombres qui se suivent depuis 1 jusqu'à 45 c'est-à-dire, par 1035 afin d'avoir $13\frac{1}{23}$ au quotient, dont il se sert pour faire des soustractions continuelles du nombre 16200, de dégré en dégré depuis 45 jusqu'à 0 en descendant ou en montant jusqu'à 90.

Ainsi donnant 16200 piés pour la portée à 45 dég., il donne à celle de 44 & de 46 dégrez 16200 piés moins $13\frac{1}{23}$ c'est à dire $16186\frac{22}{23}$; & à la portée sous les angles de 43 & de 47 dégrez $16186\frac{22}{23}$ moins deux fois $13\frac{1}{23}$ ou moins $26\frac{2}{23}$. C'est-à-dire $16160\frac{20}{23}$; & à celle des angles de 42 & 48 dég., $16160\frac{20}{23}$ moins trois fois $13\frac{1}{23}$ ou moins $39\frac{3}{23}$ c'est-à-dire $16121\frac{17}{23}$. Et ainsi du reste; en ôtant du nombre des piés appartenans au précédent dég. le même nombre $13\frac{1}{23}$ multiplié autant de fois qu'il y a d'unitez entre 45 & le dégré dont on veut avoir le nombre de piés.

Ainsi pour avoir le répondant à 15 & à 75 dégrez, qui est $10134\frac{18}{23}$ piés, il faut ôter du nombre $10426\frac{2}{23}$ répondant aux dégrez précédens 16 &

74, le nombre $391\frac{7}{23}$ produit de la multiplication de $13\frac{1}{23}$ par 30, (qui est celui des unitez, comprises entre 15 & 45.) Et pour avoir le nombre des piés répondans à 26 & à 64 dégrez, il ne faut que soustraire $247\frac{19}{23}$ produit de la multiplication de $13\frac{1}{23}$ par 19, (qui est le nombre des unitez contenuës entre 26 & 45, du nombre des piés $13869\frac{13}{23}$ répondant aux dégrés précédens 27 & 63, afin d'avoir $13621\frac{17}{23}$. Et ainsi du reste.

LIV. II. CHAP. XI.

Pratique de Galée examinée.

Voici sa table, dans laquelle il y a quatre colonnes, dont les deux premiéres contiennent les dégrez de l'Equerre depuis 45 en descendant jusqu'à 0, & jusqu'à 90 en montant; la seconde contient une suite de nombres en progression Arithmetique dont le moindre & la différence sont $13\frac{1}{23}$. Les nombres de main gauche tant dans cette colonne que dans la suivante, sont nombres entiers, & les derniers sont numerateurs de fractions dont le dénominateur est toûjours 23; d'où vient que 13. 1. qui

LIV. II. CHAP. XI.

Pratique de Galée examinée.

répond à 45 dégrez veut dire $13\frac{1}{23}$; 26 2. répondant à 44 & à 46 dégrez veut dire $26\frac{2}{23}$; 104. 8. répondant à 38 & à 52 dégrez, fait $104\frac{8}{23}$; ainsi 16186. 22 répondant dans la quatriémec o-lonne à 44 & à 46 dégrez, fait 16186 $\frac{22}{23}$; 14104. 8. qui répond à 28 & 62 dégrez vaut $14104\frac{8}{23}$. Et ainsi des autres.

Ces nombres de la troisiéme colonne sont les différences de ceux qui leur répondent dans la quatriéme; ils sont, comme nous avons dit, une suite continuelle de progression Arithmetique, dont le premier nombre & la différence est toûjours $13\frac{1}{23}$; & ils naissent de la multiplication de ce nombre par celui des unitez contenuës entre 45 dégrez & les dégrez qui leur répondent; ainsi le premier sous 45 deg. êtant $13\frac{1}{23}$; le second sous 44 & 46 dégrez est $13\frac{1}{23}$ multiplié par 2 c'est à dire $26\frac{2}{23}$ le troisiéme sous 43 & 47 dégrez est $13\frac{1}{23}$ multiplié par 3 ou $39\frac{2}{23}$; le dixiéme sous 36 & 54 dég. est $13\frac{1}{23}$ multiplié par 10 ou $130\frac{10}{23}$ le

vint

vint deuxiéme ſous 24 & 66 dégrez eſt 13 $\frac{1}{23}$ multiplié par 22 ou 286 $\frac{22}{23}$. Et ainſi des autres. LIV. II. CHAP. XI.

TABLE
de Galee.

dég.		differences.		portées,	
45	45	13	1	16200	piés.
44	46	26	2	16186	22
43	47	39	3	16160	20
42	48	52	4	16121	17
41	49	65	5	16069	13
40	50	76	6	16004	8
39	51	91	7	15926	2
38	52	104	8	15834	18
37	53	117	9	15730	10
36	54	130	10	15613	1
35	55	143	11	15482	14
34	56	156	12	15239	3
33	57	169	13	15082	14
32	58	182	14	14913	1
31	59	195	15	14730	10
30	60	208	16	14534	18
29	61	221	17	14326	2
28	62	234	18	14104	8
27	63	247	19	13869	13
26	64	260	20	13621	17
25	65	273	21	13360	20
24	66	286	22	13086	22
23	67	300		12800	
22	68	313	1	12500	
21	69	326	2	12186	22

TABLE
des véritables portées.

dégrez.		portées.
45	45	16200 pi.
44	46	16190
43	47	16161
42	48	16111
41	49	16043
40	50	15954
39	51	15845
38	52	15719
37	53	15573
36	54	15408
35	55	15223
34	56	15021
33	57	14799
32	58	14561
31	59	14303
30	60	14029
29	61	13738
28	62	13439
27	63	13124
26	64	12766
25	65	12409
24	66	12038
23	67	11653
22	68	11254
21	69	10839

dég.		différences.		portées,		dégrez.		portées.
20	70	339	3	11860	20	20	70	10413
19	71	352	4	11521	17	19	71	9974
18	72	365	5	11169	13	18	72	9509
17	73	378	6	10804	8	17	73	9059
16	74	391	7	10426	2	16	74	8584
15	75	404	8	10134	18	15	75	8100
14	76	417	9	9730	10	14	76	7606
13	77	430	10	9313	1	13	77	6902
12	78	443	11	8882	14	12	78	6589
11	79	456	12	8439	3	11	79	6069
10	80	469	13	7982	14	10	80	5540
9	81	482	14	7513	1	9	81	5006
8	82	495	15	7030	10	8	82	4161
7	83	508	16	6534	18	7	83	3919
6	84	521	17	6026	2	6	84	3368
5	85	534	18	5504	8	5	85	2812
4	86	547	19	4969	13	4	86	2255
3	87	566	20	4421	17	3	87	1699
2	88	573	21	3860	20	2	88	1131
1	89	589	22	3286	22	1	89	565
0	90		23	2700	23	0	90	0

LIV. II. CHAP. XI.

Pratique de Galée examinée.

La quatriéme colonne contient le nombre de piés compris dans l'étenduë de la portée d'une piéce élevée ſuivant les dégrés qui leur répondent, poſant que le coup de la plus grande volée ſous 45 dég. ſoit de 16200 piés, & que la portée purement horizontale ſoit de 2700 piés. Ainſi la piéce élevée ſuivant l'angle de 15 ou

Pratique de Galée examinée.

ou de 75 dég. chaſſera à la longueur de 10134 $\frac{18}{23}$ piés, & à la longueur de 13869 $\frac{13}{23}$ ſi elle eſt élevée à l'angle de 27 ou 63 dégrez.

Ces nombres, comme nous avons dit, naiſſent de la ſouſtraction continuelle des différences qui leur répondent dans la troiſiéme colonne ; ainſi le ſecond 16186 $\frac{22}{23}$ ſe fait en ôtant du premier 16200 la différence qui lui répond 13 $\frac{1}{23}$; le troiſiéme 16160 $\frac{20}{23}$ vient du ſecond 16186 $\frac{1}{23}$ dont on a ôté la différence qui lui répond 26 $\frac{2}{23}$; le dixiéme 15613 $\frac{1}{23}$ ſe fait en ôtant du neuviéme 15730 $\frac{10}{23}$ ſa différence 117 $\frac{9}{23}$; le dernier 2700 en ôtant du précédent 3286 $\frac{22}{23}$ ſa différence 586 $\frac{22}{23}$, & ainſi du reſte.

Le même Pere Merſene dit dans la ſuite que pluſieurs perſonnes ſçavantes croïoient que Galée avoit eu cette table d'un autre Ingenieur nommé Cognet. Mais ſoit qu'elle fut de lui ou d'un autre, pour faire voir de combien elle s'éloigne des véritables portées des piéces. J'ai cal-

LIV. II. CHAP. XI.

Pratique de Galée examinée.

calculé, ſur la même ſuppoſition de 16200 piés pour la plus grande volée de 45 dégrés, une autre table qui eſt ſous les proportions que les portées gardent entre elles ſuivant leurs différentes inclinations; afin que comparant les nombres de ces deux tables, l'on puiſſe connoître de combien celle de Galée s'éloigne du vrai. Où l'on peut voir que leur différence n'eſt pas fort grande aux élévations des dég. qui ſont autour de 45, & qu'elle s'augmente toûjours à meſure que les élévations s'approchent de l'horizontale en diminuant, ou de la perpendiculaire en augmentant.

Surquoi il eſt à remarquer que cet Ingenieur donne à la piéce pointée à plomb, ou ſous l'angle de 90 dég., la même portée de 2700 piés qu'il attribuë par ſon calcul à celle qui eſt pointée de niveau. Ce qui eſt abſurde.

CHA-

CHAPITRE XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

LE Roi ayant établi depuis quelques années une compagnie de Bombardiers, & voulant les faire instruire dans l'art de jetter les Bombes, a voulu qu'ils fissent, aux environs de St. Germain en Laye pendant qu'il y tenoit sa Cour, diverses expériences pour ce sujet; sur lesquelles il ont fait à leur maniére diverses observations & tiré des conséquences suivant leur raisonnement pour la construction de certaines tables, qui marquent les différentes étenduës des portées selon la différence des élévations du mortier en tous les dégrez de l'Equerre depuis 1 jusqu'à 45.

Ils disent donc que le mortier chasse plus ou moins selon qu'il est plus ou moins chargé de poudre. Et qu'un mortier par exemple de douze pouces de calibre chargé dans sa chambre de deux livres de poudre menuë gré-

LIV. II. CHAP. XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

grénée, donne de dégré en dégré 48 pieds de différence de portées, & pour la plus grande étenduë ſous l'élévation de 45. dég. 2160 piés. Le même mortier donnera de dégré en dégré 60 piés de différence, s'il eſt chargé de deux livres & demi de la même poudre, & 2700 piés pour la plus grande volée. Enfin il donnera 72 piés de différence de dégré en dégré, ſi la charge eſt de trois livres de poudre menuë grénée, qui eſt la charge la plus forte de la chambre d'un mortier de douze pouces de calibre; & à l'élévation de 45 dégrez, qui eſt comme ils diſent la plus grande volée, il chaſſera la Bombe à la diſtance de 3240 piés.

Sur ce fondement ils ont fait les tables que voici. La premiére ſuppoſe que la chambre du mortier eſt chargée de deux livres de poudre & eſt depuis 5 dégrez juſqu'à 45 les nombres de piés des portées

Table des Bombardiers pour un mortier de 12 pouces de Calibre.

LIV. II. CHAP. XII. Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

1. *Table à deux livres de poudre.*

dég.	portées.	
5	240 piés.	
10	480	
11	528	diff.
12	576	48
13	624	
14	672	
15	720	
16	768	
17	816	
18	864	
19	912	
20	960	
21	1008	
22	1056	
23	1104	
24	1152	
25	1200	
26	1248	
27	1296	
28	1344	
29	1392	
30	1440	
31	1488	
32	1536	
33	1584	
34	1632	
35	1680	
36	1728	
37	1776	
38	1824	
39	1872	
40	1920	
41	1968	
42	2016	
43	2064	
44	2112	
45	2160	

2. *Table à deux livres & demi.*

dég.	portées.	
36	2160 piés.	
37	2220	
38	2280	diff.
39	2340	60
40	2400	
41	2460	
42	2520	
43	2580	
44	2640	
45	2700	

3. *Table à trois livres de poudre.*

dég.	portées.	
37	2664 piés.	
38	2736	
39	2808	diff.
40	2880	72
41	2952	
42	3024	
43	3096	
44	3[illegible]68	
45	3240	

LIV. II. CHAP. XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

tées se trouvent en ajoûtant 48. piés au précédent de dégré en dégré ; ainsi ajoûtant 48 à 480 répondant à 10 dégré, vous avez 528 pour 11 dégrez, & 576 pour 12 en ajoûtant 48 à 528, & 624 pour 13 dégrez mettant 48 avec 576. & ainsi des autres.

La seconde à deux livres & demi de charge ne commence qu'à 36 dég. jusqu'à 45 ; parce que le mortier avec cette charge donne autant de chasse à la bombe à 36 dégrez, qu'à 45 lorsqu'il n'a que deux livres de poudre ; car l'étenduë de la portée est en l'un & en l'autre de 2160 piés. Les nombres de pies des portées se surpassent l'un l'autre de 60 piés à chaque dégré ; ainsi 2220 du trente septiéme dégré vient de 2160 du trente-sixiéme & de 60 ajoûtés ensemble, & 2280 du trente-huitiéme ajoûtant 2220 avec 60. Et ainsi du reste.

La troisiéme à trois livres de poudre, qui est la plus grande charge que l'on doive donner à la chambre d'un mortier de douze pouces de calibre, ne

ne commence par la même raison qu'à 37 dégrez jusqu'à 45 ; parce qu'avec cette charge il chasse presque aussi loin sous l'angle de 37 dégrez, que sous celui de 45 avec deux livres & demi de poudre. Les nombres de piés des portées s'y suivent à chaque dégré de 72 piés ; ainsi ajoûtant 72 à 2664 du trente-septiéme dégré, vous aurez 2736 pour le trente-huitiéme ; & ajoûtant 72 à 2736, l'on à 2808 pour le trente-neuviéme & 2880 pour le quarantiéme en ajoûtant 72 à 2808. Et ainsi des autres.

LIV. II. CHAP. XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

Ils disent qu'un mortier de huit pouces de calibre chargé d'une demi livre de poudre menuë grénée, donne pour chaque dégré d'élévation 42 piés de différence de portée, & pour sa plus grande volée sous 45 dégrez, donne 1890 piés. Le même chargé de trois quarterons de la même poudre donne 62 piés de différence de portées à chaque dégré d'élévation, & pour la plus grande, qui est à 45 dégrez, 2790 piés. Et enfin avec une

LIV. II. CHAP. XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

une livre de poudre qui eſt la plus forte charge que l'on doive donner à la chambre d'un mortier de huit pouces de calibre ; il donne 82 piés de différence de portée à chaque dégré d'élévation, & 3690 piés pour ſa plus grande étenduë ſous l'angle de 45 dégrez.

Voici les tables. La premiére à une demi livre de poudre commence à 5 dégrez juſqu'à 45 & les nombres des portées ſe ſuivent en augmentant de 42 piés à chaque dégré. La ſeconde à trois quarterons de la même poudre ne commence qu'à 31 dégrez, parce qu'en cette élévation avec cette charge, la portée eſt plus grande que celle à 45 dégrez avec une demi livre de poudre. Les nombres des portées ſe ſuivent en augmentant de 62 piés à chaque dégré. La troiſiéme à une livre de poudre commence à 35 dég. où la portée eſt plus grande que celle à 45 dégré avec trois quarterons de poudre : les nombres des portées s'y ſuivent en augmentant de 82 piés à chaque dégré. Je

Table des Bombardiers pour un mortier de huit pouces de Calibre.

LIV. II. CHAP. XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

1. Table à ½ livre de poudre.

dég.	portées.
5	210 piés.
10	420
11	462 diff.
12	504 42
13	546
14	588
15	630
16	672
17	708
18	756
19	798
20	840
21	882
22	924
23	966
24	1008
25	1050
26	1092
27	1134
28	1176
29	1218
30	1260
31	1302
32	1344
33	1386
34	1428
35	1470
36	1512
37	1554
38	1596
39	1638
40	1680
41	1722
42	1764
43	1806
44	1846
45	1870

2. Table à ¾ livre de poudre.

dég.	portées.
31	1922 piés.
32	1984
33	2046 diff.
34	2108 62
35	2170
36	2232
37	2294
38	2356
39	2418
40	2480
41	2542
42	2604
43	2666
44	2728
45	2790

3. Table à une livre de poudre.

dég.	portées.
35	2870 piés.
36	2952
37	3034
38	3116 diff.
39	3198 82
40	3280
41	3362
42	3444
43	3526
44	3608
45	3690

LIV. II. CHAP. XII.

Pratique des Bombardiers du Roi examinée.

Je pourrois ajoûter ici divers autres de leurs calculs, mais comme ils ſont tous faits ſur un même raiſonnement; j'ai crû que ceux-ci pouvoient ſuffire pour faire voir que comme ils ont crû que les portées augmentoient toûjours également à chaque dégré d'élévations du mortier, ils ont ajuſté leurs tables à leurs ſentimens, plûtôt que s'appliquer à faire des expériences exactes & fidéles, ſans ſe laiſſer prévenir d'opinions de bienſeance, qui ſont preſque toûjours fauſſes, comme eſt celle-ci, ainſi qu'il ſe verra dans la ſuite.

Voilà enfin tout ce que j'ai pû tirer de lumiére de ces Auteurs & de quantité d'autres de toutes Nations, qui ſur cette matiére remettent tout à la pratique expérimentale du bon Canonier, ou ſuivent aveuglement les raiſonnemens de ceux qui les ont dévancez & dont nous venons de parler. Reſte donc maintenant à expliquer ce que l'on a reconû de véritable & de démonſtratif ſur ce ſujet. Ce que je vai faire dans cette ſeconde partie.

L'ART

L'ART DE JETTER LES BOMBES,

Et de connoître l'étenduë des coups de volée d'un Canon en toutes ſortes d'Elévations.

SECONDE PARTIE.

Pratiques de L'Art de Jetter les Bombes.

LIVRE PREMIER.

Pour les jets dont l'étenduë eſt au niveau des batteries par le moyen des ſinus.



Omme la Théorie de cette doctrine eſt d'elle-même aſſez difficile & ſuppoſe des connoiſſances dont les principes doivent être raportés de loin; j'ai crû que pour embaraſſer d'autant moins l'eſprit de ceux qui voudroient s'en ſervir avec quelque utilité, je ferois bien

LIV. I. Pratiques pour les jets, dont l'êtenduë eſt au niveau des batteries & par le moïen des ſinus.

LIV. I.

Pratique pour les jets, dont l'étenduë est au niveau des batteries & par le moyen des sinus.

bien de leur enseigner premiérement les Pratiques, & de remettre dans la suite à leur donner l'explication de leurs raisons & de leurs fondemens.

Ces pratiques ont été pour la plûpart inventées, sur la doctrine de Galilée premier & principal Mathematicien du grand Duc de Toscane, par Torricelli son disciple & son successeur : qui nous a premiérement expliqué que pour connoître les differentes portées des coups de volée d'une piéce d'Artillerie ou d'un mortier en toutes sortes d'élévations, il faloit avant toutes choses en faire une épreuve bien exacte, en tirant la piéce ou le mortier élevé sous un angle bien connû, & mesurant l'étenduë de sa portée avec toute la précision possible, pour en pouvoir faire un fondement certain pour toutes les autres : car d'une seule expérience sûre & fidéle, l'on vient à la connoissance de tous les autres effets, en cette maniere.

CHA

CHAPITRE PREMIER.

Pour trouver l'étenduë d'un coup sur une élévation donnée.

LIV. I. CHAP. I.

Pour trouver l'étenduë d'un coup sur une élévation donnée.

SI vous voulez sçavoir l'étenduë de la portée de vôtre piéce à telle autre élévation qu'il vous plaira, faites que comme le sinus du double de l'angle de l'élévation sous laquelle l'expérience a été faite, (que j'appellerai dorenavant la premiére élévation, est au sinus du double de l'angle de l'élévation proposée ; ainsi l'étenduë de la portée connuë par l'expérience, (que j'appellerai aussi déformais la premiére portée,) soit à un autre. Et vous aurez ce que vous demandez.

Comme si ayant fait l'expérience de vôtre piéce élevée sous l'angle de 30 dégrez, vous avez trouvé qu'elle ait chassé précisément à la longueur de 1000 toises ou 1000 autres mesures ; pour sçavoir qu'elle sera la portée de la même piéce avec la même charge, lors-quelle sera êlevée à l'angle de 45 dégrez ; il faut prendre le sinus

LIV. I. CHAP. I.

Pour trouver l'éten-duë d'un coup sur une éle-vation donnée.

de l'angle de 60 dégrez double de celui de la premiére élévation, qui est 8660,& en faire le premier terme de la régle de Trois,dont le second est sinus de l'angle de 90 dégrez double de celui de l'élévation que l'on propose qui est 10000 ; & le troisiéme est le nombre des mesures de la premiére portée qui est 1000 toises, & les disposer en cette maniére.

Si 8660 me donnent 10000,que me donneront 1000 ? pour avoir près de 1155 toises pour la portée de la piéce élevée sous l'angle de 45 dégrez.

Où il faut remarquer que lors-que l'angle de l'inclination proposée est plus grand que 45 dégrez, il ne faut pas le doubler pour avoir le sinus que la régle demande ; mais il faut à sa place prendre le sinus du double de son complément à l'angle droit. Comme si l'on propose l'élévation de la piéce à l'angle de 50 dégrez, il faut prendre le sinus de 80 dégrez double de 40 dégrez qui font le complément à l'angle droit du proposé de 50 dég.

CHAPITRE II.

Trouver l'angle de l'élévation pour une étenduë donnée.

SI l'on vous donne une étenduë déterminée à laquelle on veut que la piéce chaſſe, pourvû que cette étenduë ne ſoit pas plus grande que celle de l'élévation de 45 dégrez : pour trouver l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piéce pour lui faire faire l'effet propoſé ; il faut dire que comme la premiére portée eſt à l'étenduë que l'on propoſe, ainſi le ſinus du double de l'angle de la premiére élévation, ſoit à un autre. Et ce nombre ſera le ſinus du double de l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piéce.

LIV. I CHAP. II. Trouver l'angle de l'élévation pour une étenduë donnée.

Comme ſi l'on veut que le Canon ou le mortier porte à la diſtance de 800 toiſes ou 800 autres meſures, il faut que la premiére étenduë de 1000 toiſes, ſoit le premier terme de la régle de Trois, la portée propoſée de 800 toiſes ſoit le deuxiéme, & le troi-

LIV. I CHAP. II.

Trouver l'angle de l'élévation pour une étenduë donnée.

troisiéme soit 8660 sinus de l'angle de 60 dégrez double de celui de 30 dégrez de la premiére élévation. En cette maniere.

Si 1000 toises font 800 to. que feront 8660 ? pour avoir 6928 qui est le sinus de l'angle 43 dégrez 52, dont la moitié, c'est-à-dire 21. 56′, est l'angle de l'êlévation que vous devez donner à la piéce pour faire l'effet proposé. Et si vous ôtez les 21. 56′ de l'angle droit ou de 92 dégrez, vous aurez l'angle du complement de 68 dégrez 4′ que vous pourrez prendre pour l'élévation de vôtre piéce ; car elle chassera également loin, soit que vous l'éleviez à l'angle de 21. 56′, ou à celui de son complement 68. 4′.

CHAP. III.

Table des sinus servant au jet des Bombes.

CHAPITRE III.

Table des Sinus servant au jet des Bombes.

POur plus grande facilité & pour ôter cet embaras que l'on

a de

a de rechercher les ſinus du double des angles des élévations propoſées ; Galilée & Torricelli ont

LIV. I. CHAP. III.

Table des ſinus ſervant au jet des Bombes.

dégrez.		portées.	dég.		portées.
90		0			0
89	1	349	65	25	7660
88	2	698	64	26	7880
87	3	1045	63	27	8090
86	4	1392	62	28	8290
85	5	1736	61	29	8480
84	6	2079	60	30	8660
83	7	2419	59	31	8829
82	8	2556	58	32	8988
81	9	3090	57	33	9135
80	10	3420	56	34	9272
79	11	3746	55	35	9397
78	12	4067	54	36	9511
77	13	4384	53	37	9613
76	14	4695	52	38	9703
75	15	5000	51	39	9781
74	16	5299	50	40	9848
73	17	5592	49	41	9903
72	18	5870	48	42	9945
71	19	6137	47	43	9976
70	20	6428	46	44	9994
69	21	6691	45	45	10000
68	22	6947			
67	23	7193			
66	24	7431			

fait des Tables que j'ai miſes ici, dans lesquelles on voit tout d'un coup les ſinus des angles que

 l'on

LIV. I. CHAP. III.

Table des ſinus ſervant au jet Bombes.

l'on recherche. C'eſt-à-dire que ces tables ont été tirées de celles des ſinus ordinaires, dont elles ne différent qu'en ce que les nombres qui répondent ici à chaque dégré, ſont dans les tables ordinaires ceux qui répondent aux dégrez qui ſont doubles de ceux-ci ; car le nombre répondant ici à 1 dégré répond dans l'autre à 2 dégrés ; celui qui répond ici à 2 dégrez répond dans l'autre à 4 dég. ; celui de 20 dég. eſt de 40 dégrez dans l'autre. Et ainſi du reſte.

CHAPITRE IV.

Uſage de la Table pour trouver l'étenduë, ſur une élévation donnée.

CHAP. VI.

Uſage de la Table pour trouver l'étendüe ſur une élévation donnée.

L'Uſage de cette table eſt facile. Car pour connoître l'étenduë ſur une élévation propoſée, il ne faut que prendre pour premier terme de la régle de Trois, le nombre qui répond à l'angle de la prémiére élévation, & pour ſecond celui qui répond à l'angle de l'élévation propoſée; & enfin le nom-

nombre des mesures de la premiére étenduê pour troisiéme terme; afin que par la régle vous ayez pour quatriéme l'étenduë que vous cherchez.

LIV. I. CHAP. IV. Usage de la Table pour trouver l'étenduë sur une élévation donnée.

Comme si, nous servant des exemples que nous avons rapportez ci-devant, nous voulons savoir quelle sera la portée d'une piéce élevée à l'angle de 45 dégrez, supposé qu'elle ait chassé à la longueur de 1000 toises lorsqu'elle êtoit élevée à l'angle de 30 dégrez. Je dis ainsi.

Si 8660 répondant à 30. dég. me donnent 10000 répondant à 45 dég., que me donneront 1000 to. de la premiére portée; & j'aurai près de 1155 toises pour la portée que l'on demande.

CHAPITRE V.

Pour trouver l'élévation sur une êtenduë donnée

CHAP. V. Pour trouver l'élévation sur une étenduë donnée.

AInsi pour savoir à quel angle je dois êlever ma piéce pour la faire chasser à une distance donnée, qui ne soit pas plus grande que celle de 1155 to. qui est l'êtenduë de la

LIV. I. CHAP. V.

Pour trouver l'élévation sur une étenduë donnée.

piéce êlevée à 45 dégrez: je prens pour premier terme de ma régle la premiére êtenduë, pour second l'êtenduë proposée, pour troisiéme le nombre répondant dans la table à l'angle de la premiére élévation, & le quatriéme sera le nombre répondant à l'angle de l'élévation que l'on demande.

Comme si l'on veut faire chasser la piéce à la distance de 800 toises, il faut faire ainsi.

Si 1000 toises premiére êtenduë, me donnent 800 toises êtenduë proposée, que me donneront 8660 répondant à la premiére êlévation? Et j'aurai 6928 dont le nombre le plus proche de la Table est 6947 qui répond aux angles de 22 dég. & de 68 dég. Qui sont ceux où je pourrai êlever la piéce pour lui faire faire l'effet proposé.

Au reste le nombre 10000 de la plus grande portée de la Table n'a pas été pris au hazard: car outre que c'est celui que l'on donne ordinairement au sinus total dans la Table commune des sinus, d'où celle-ci a été tirée; c'est

c'eſt que la moitié de ce nombre, c'eſt à-dire 5000, réduite en pas Géometriques, marque aſſez juſtement la plus grande portée d'une Coulevrine de 30 livres de balle.

LIV. I. CHAP. V.

Pour trouver l'élévation ſur une étenduë donnée.

Nous pouvons joindre ici les autres tables que Galilée & Torricelli nous ont données, comme celle des hauteurs des jets en toutes ſortes d'élévation d'une même piéce également chargée ; celle des hauteurs ou ſublimitez des jets dont les longueurs horizontales ſont égales en toutes êlévations ; & une troiſiéme que j'ai calculée de la proportion de la force qu'il faut imprimer au mobile pour le faire porter à une même longueur horizontale en toutes ſortes d'élévations.

CHAPITRE VI.

Table des hauteurs des jets de même force.

CHAP. VI.

Table des hauteurs des jets de même force.

DAns la premiére, c'eſt-à-dire dans celle des hauteurs des jets en toutes ſortes d'élévation, lorsque la force eſt toûjours la même, (laquelle a beaucoup de liaiſon avec celle des êtenduës que nous venons d'expliquer;)

LIV. I. CHAP. VI.

Table des hauteurs des jets de même force.

quer;) nous ne nous sommes pas servis des nombres qui se trouvent dans les tables de Galilée & de Torricelli; parce qu'ayant donné le nombre 10000 à la moitié de leur plus grande portée, ils mettent aussi le même nombre 10000 à la plus grande hauteur à cause que celle-ci, c'est-à-dire la hauteur du jet perpendiculaire, est égale à la moitié de la plus grande portée qui est celle de la piéce pointée sous l'angle de 45 dégrez. Mais comme nous avons supposé dans la table précédente que la plus grande portée étoit 10000, la plus grande hauteur sur ce pié ne peut être que de 5000. Et partant tous les nombres de nôtre table des hauteurs sont les moitiés de ceux de Galilée. Les nombres de la table des portées sont proportionels aux sinus du double des angles de l'élévation, & ceux de cette table des hauteurs, sont les quarts des sinus verses du double des mêmes angles, parce qu'ils sont les moitiés des nombres de la Table de Torricelli qui sont

Table des hauteurs des Iets poussez d'une même force dont la plus grande portée est 10000.

LIV. I. CHAP. VI.

Table des hauteurs des jets de même force.

dég.	hauteur	dég.	hauteur.	dég.	hauteur.
1	$1\frac{1}{2}$	31	1326	61	3825
2	$6\frac{1}{2}$	32	1405	62	3898
3	14	33	1483	63	3969
4	25	34	1564	64	4039
5	38	35	1645	65	4107
6	54	36	1728	66	4173
7	75	37	1810	67	4237
8	97	38	1896	68	4298
9	123	39	1981	69	4352
10	151	40	2066	70	4415
11	182	41	2151	71	4470
12	216	42	2238	72	4522
13	253	43	2327	73	4572
14	292	44	2413	74	4620
15	335	45	2500	75	4665
16	380	46	2586	76	4708
17	427	47	2673	77	4748
18	477	48	2761	78	4783
19	530	49	2849	79	4818
20	585	50	2934	80	4849
21	642	51	3019	81	4878
22	701	52	3103	82	4903
23	763	53	3189	83	4925
24	842	54	3273	84	4945
25	893	55	3355	85	4962
26	961	56	3436	86	4975
27	1030	57	3517	87	4986
28	1102	58	3595	88	4998
29	1175	59	3674	89	4999
30	1249	60	3757	90	5000

LIV. I. CHAP. VI.

Table des hauteurs des jets de même force.

font les moitiés des mêmes finus.

L'ufage de cette table eft tel. Connoiffant l'étenduë d'un jet fuivant un angle d'inclination, fi l'on en veut favoir la hauteur, il faut faire que comme le nombre répondant à l'angle propofé dans la table des portées eft à l'êtenduë connuë de vôtre jet; ainfi le nombre répondant au même angle dans la table des hauteurs, foit à un autre? Qui vous donnera la hauteur que vous demandez; comme fi la portée du jet fous l'angle de 22 dégrez êtant de 800 toifes, je veux favoir fa hauteur perpendiculaire, je prens pour premier terme de ma régle de Trois le nombre qui répond à 22 dég. dans la table des portées qui eft 6947, pour fecond terme 800 to. de la portée connuë, pour troifiéme le nombre 701 répondant à l'angle de 22 dég. dans la table des hauteurs; & par la régle je trouve que la hauteur du jet que je demande eft de 80 toifes 4 piés 4 pouces.

Mais fi la même portée de 800 to. venoit d'un jet fait fous l'êlévation de

68

68 dég. complement de l'angle de 22 dég. ; il faudroit prendre, pour troisiéme terme de la régle de Trois, le nombre qui répond dans la table des hauteurs à l'angle de 68 dég. qui est 4298 ; & par la régle nous aurions pour la hauteur du jet proposé 494 toises 5 piés 8 pouces.

LIV. I. CHAP. VI. Table des hauteurs des jets de même force.

CHAPITRE VII.
Table des hauteurs & sublimitez des jets de même êtenduë.

VOici la seconde Table qui est celle des hauteurs & des sublimitez des jets d'une même êtenduë de portée en toutes sortes d'êlévations : cette êtenduë supposée par tout égale à celle que nous avons prise pour nôtre plus grande portée dans les autres tables, c'est-à-dire à 10000 parties ; ce qui fait que tous les nombres de cette table, comme ceux des précédentes, ne sont que la moitié de ceux qui se trouvent dans celles de Galilée & de Torricelli qui ont donné le

CHAP. VII. Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë.

Table des hauteurs & sublimitez des jets de méme étenduë.

Table des hauteurs & des sublimitez des Jets dont l'étenduë en toutes élévations est toûjours la même, posée de 10000 parties.

dég.	haut.	subl.		dég.	haut.	subl.	
0	0	infini.	90				
1	43	143225	89	25	1166	5361	65
2	87	71593	88	26	1219	5126	64
3	131	47703	87	27	1274	4906	63
4	175	35751	86	28	1329	4702	62
5	218	28575	85	29	1386	4510	61
6	262	23786	84	30	1443	4330	60
7	307	20361	83	31	1502	4160	59
8	352	17788	82	32	1562	4001	58
9	396	15784	81	33	1623	3849	57
10	441	14178	80	34	1686	3706	56
11	486	12861	79	35	1750	3570	55
12	531	11761	78	36	1816	3441	54
13	577	10828	77	37	1884	3317	53
14	623	10027	76	38	1953	3200	52
15	670	9330	75	39	2024	3087	51
16	717	8718	74	40	2098	2979	50
17	764	8177	73	41	2173	2876	49
18	812	7694	72	42	2251	2776	48
19	856	7260	71	43	2331	2681	47
20	910	6868	70	44	2414	2589	46
21	959	6512	69	45	2500	2500	45
22	1010	6187	68				
23	1061	5889	67				
24	1113	5615	66				
	subl.	haut.	dég.		subl.	haut.	dég.

le même nombre 10000 à l'étenduë de leur demi-parabole; au lieu que nous en faisons celle de la parabole entié-

entiére ; d'où il arrive que tous les nombres des hauteurs ſont chacun le quart de ceux qui ſont les tangentes des angles d'élévation dans la Table ordinaire des ſinus, & ceux des ſublimitez ſont chacun le quart des tangentes du complément des mêmes angles.

LIV. I. CHAP. VII.

Table des hauteurs & ſublimitez des jets de même étenduë.

Je ne m'arrêterai pas à vouloir faire comprendre ce que l'on entend par la ſublimité d'une parabole ou d'un jet, parce que tout cela ſera expliqué fort au long dans la troiſiéme partie de ce Livre. Je parlerai donc ſeulement de l'uſage de cette table, qui eſt tel ; que voulant ſavoir ſur une étenduë donnée, quelle doit être la ſublimité & la hauteur d'un jet ſur l'élévation d'un angle donné : il faut faire que comme le nombre 10000 eſt à l'étenduë propoſée, ainſi ceux des hauteur & ſublimité qui répondent à l'angle donné dans la Table, ſont à d'autres; qui ſeront ceux que l'on demande. Comme ſi l'étenduë propoſée étant de 800 toiſes, on veut ſavoir la hau-

LIV. I. CHAP. VII. Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë.

hauteur & la sublimité du jet de cette longueur sous l'élévation de 26 dég. le premier terme de la régle de Trois est 10000, le second est 800, & le troisiéme pour la hauteur est 1219, qui donne pour quatriéme 93 $\frac{1}{2}$. Le même troisiéme pour la sublimité est 5126 qui donne pour quatriéme 410. Ainsi la hauteur du jet sur cette hypothése sera de 93 $\frac{1}{2}$ toises, & la sublimité de 410 toises. Ce qui est de particulier est qu'à l'élévation de l'angle de 64 dég. qui est le complement de l'angle proposé de 26 dég, les hauteurs & les sublimitez sont réciproques, c'est-à-dire que la hauteur est de 410 to., & la sublimité de 93 $\frac{1}{2}$.

CHAPITRE VIII.

Table de la force des jets de même ëtenduë.

CHAP. VIII. Table de la force des jets de même étenduë.

LA table qui suit est faite en ajoûtant ensemble les hauteurs & les sublimitez de la précédente. Son usage est pour la proportion que la force qui a chassé le mobile à une certaine distan-

tance ſuivant un certain angle d'élévation, doit avoir à une force qui pourra chaſſer le même mobile ou ſon égal à la même diſtance ſuivant tout autre dégré d'élévation; c'eſt-à-dire que la force du jet parcourant un certain eſpace ſous l'angle de 22 dég. ou de ſon complement à l'angle droit qui eſt de 68 dég., ſera à la force du jet parcourant le même eſpace ſous l'angle de 35 dég. ou de 55 dég. qui eſt ſon complement à un droit, comme le nombre 7197 répondant à 22 dég. eſt à 5321 répondant à 35 dégrez. L'on voit par cette table que de tous les jets d'une même étenduë; celui où il faut moins de force eſt le jet qui ſe fait ſous l'élévation de 45 dégrez, & qu'il faut que la force augmente à meſure que l'élévation s'éloigne du demi droit vers la perpendiculaire ou vers l'horizontale; ainſi il faudroit une force infinie pour faire parcourir un eſpace de niveau quel qu'il puiſſe être ſous l'élévation de 90 & de 0 dégrez, c'eſt-à-dire lors-que le jet eſt

LIV. I. CHAP. VIII.

Table de la force des jets de même étenduë.

Table de la force des jets de même étenduë.

Table de la force qu'il faut donner aux Jets de même étenduë en toutes sortes d'Elévation.

dég.					
0	90	infini.			
1	89	143268	25	65	6527
2	88	71680	26	64	6345
3	87	47834	27	63	6180
4	86	35926	28	62	6031
5	85	28793	29	61	5896
6	84	24048	30	60	5773
7	83	20668	31	59	5662
8	82	18140	32	58	5563
9	81	16180	33	57	5473
10	80	14569	34	56	5393
11	79	13347	35	55	5321
12	78	12293	36	54	5272
13	77	11405	37	53	5201
14	76	10650	38	52	5153
15	75	10000	39	51	5112
16	74	9435	40	50	5077
17	73	8941	41	49	5049
18	72	8606	42	48	5027
19	71	8121	43	47	5012
20	70	7778	44	46	5003
21	69	7472	45	45	5000
22	68	7197			
23	67	6950			
24	66	6728			

eſt ou à plomb ou de niveau; ce qui ſera expliqué dans la quatriéme partie de ce Livre.

Au

Au reste il est bon de savoir que c'est sur la table des portées expliquée ci-devant, que j'ai calculé celles qui se voient dans la premiére partie de ce Livre, pour être comparées à celle de Diego Ufano, & aux autres. Je crois qu'il est inutile de dire que les angles d'élévation doivent être donnez ou mesurez sur la piéce avec l'Equerre divisée par dégrez, & non pas par celle de Tartaglia qui est divisée en 12. points.

LIV. I. CHAP. VIII.

Table de la force des jets de même étenduë.

LIV. II.

LIVRE SECOND,

Pratiques des jets dont l'étenduë est au niveau des batteries, par le moïen des instrumens.

CHAP. I.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

CHAPITRE PREMIER.

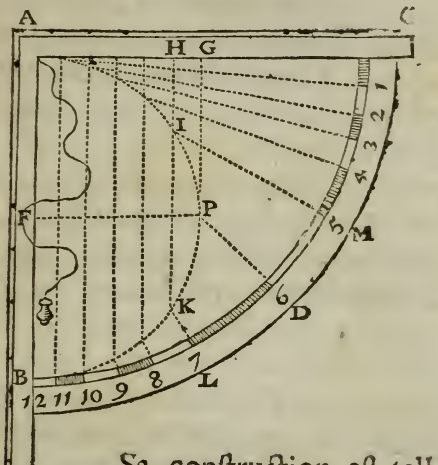
Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

MAis parce que la plûpart des Canoniers est accoutumée à cette Equerre de 12 points, le même Torricelli a trouvé le moïen de la rectifier & de la mettre en état que l'on s'en puisse servir utilement par la connoissance des portées. Sa figure est la même que celle de Tartaglia, composée de deux bras inégaux formans un angle droit, d'un quart de cercle, & d'un plomb attaché par un filet à l'angle ; le plus grand bras se met dans la piéce & le quart de cercle est divisé en 12 points à commencer du plus petit bras de l'Equerre, & chaque point en 12 minutes. Toute la diffé-

différence est en la division de ces points & de ces minutes, qui sont égaux de l'Equerre de Tartaglia & fort inégaux dans celle-ci.

LIV. II. CHAP. I.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.



Sa construction est telle. Le plus grand bras de l'Equerre est AE : & le moindre AC : le quart de cercle BDC: dont le demi diametre est AB; sur lequel comme sur un diametre il faut décrire le demi cercle APB sur le centre F, & mener FP perpendiculaire à AB qui sera par conséquent

LIV. II. CHAP. I.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

parallele à AC ; puis du point P, êlever P G parallele à A B, qui coupe A C en G ; en-suite il faut couper la droite AG en 6 parties êgales comme aux points G&H &c., d'où il faut laisser tomber des droits paralleles au côté A B qui coupent le demi cercle chacune en deux points comme H K aux points I & K &c ; enfin du point A, par les points où le demi cercle est coupé par ces paralleles, il faut mener des droits jusqu'au quart de cercle BDC, qui le couperont en douze parties inégales qui seront les douze points de l'Equerre. Comme la droite APD tirée du point A par le point P marquera le sixiéme point de l'Equerre, AIM le cinquiéme, AKL le septiéme, & ainsi des autres. Où il faut remarquer que la largeur des points, qui sont également êloignés du sixiéme, est êgale, comme D L est êgal à D M largeur du cinquiéme & septiéme point, ainsi celles du huitiéme & du quatriéme &c.

Et comme il seroit peut-être difficile

cile de trouver précisément le prémier & le sécond point de l'Equerre, qui commencent toûjours du côté du plus petit bras A C; il ne faut que les faire égaux au douziéme & à l'onziéme qui leur répondent & dont la grandeur se trouve avec facilité.

LIV. II. CHAP. I.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

Pour avoir les minutes, il ne faut que diviser chacune des parties égales de la ligne AG comme HG &c en 12 autres portions égales, & de chaque point de division abaisser des droites paralleles à A B, qui couperont le demi cercle chacune en deux points, par lesquels menant des lignes droites du point A jusqu'au quart de cercle BDC, elles y marqueront les minutes que l'on demande.

J'oubliois à dire que le plomb est attaché par un filet au point A de l'angle de l'équerre.

L'usage de cét Equerre est tres facile: car les points y ont entr'eux la même proportion que des portées d'une piéce élevée suivant les angles qu'ils font sur l'Equerre; c'est-à-dire que

LIV. II. CHAP. II.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

la portée d'une piéce élevée au quatriéme point est double de la portée de la même piéce élevée au second point ; & quadruple de la portée au premier point, comme le nombre 4 est double du nombre 2, & quadruple du nombre 1 &c.

Il suffit donc de mettre son plus grand bras dans l'ame de la piéce, & remarquer par le moïen du filet quel est le point de son élévation ? Et par l'expérience d'un seul coup, dont il faut mesurer exactement la portée, l'on peut assez bien juger de la portée de la même piéce avec la même charge dans toutes sortes d'élévation, en faisant une régle des trois. Comme si la portée de vôtre piéce élevée par exemple au deuxiéme point a été de 800 toises, pour savoir quelle sera sa portée lors-qu'elle sera élevée au cinquiéme point ? il faut dire.

Si 2 donnent 800 : que donneront 5 ? pour avoir 2000 toises pour la portée de la piéce au cinquiéme point. Où il faut remarquer qu'au lieu des points qui

qui sont au-dessus du sixiéme comme le septiéme, le huitiéme, le neuviéme, le dixiéme & l'onziéme; il faut, pour faire les régles de trois, prendre ceux qui leur répondent au dessous du même sixiéme, comme le cinquiéme au lieu du septiéme, le quatriéme au lieu du huitiéme, le troisiéme au lieu du neuviéme, le second au lieu du dixiéme & le premier au lieu de l'onziéme. Car, comme nous avons dit, les portées des points également éloignées du sixiéme sont égales, comme celles du septiéme égales à celles du cinquiéme, celles du huitiéme égales à celles du quatriéme, celles du neuviéme à celles du troisiéme, & ainsi des autres.

LIV. II. CHAP. I.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

Si vous voulez savoir sur la même supposition, à quel point vous devez élever vôtre piéce pour lui donner une portée de 1500 toises; il faut faire vôtre régle de trois en cette maniére.

Si 800 donnent 2 : que donneront 1500? Et vous aurez $3\frac{3}{4}$; c'est-à-dire trois points & 9 minut. au-dessous du sixiême, ou huit points & 3 minut. au-dessus, & ainsi du reste.

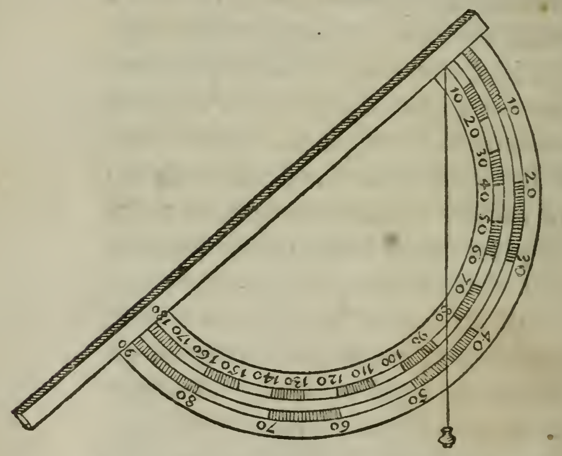
CHA-

CHAPITRE II.

Par le demi cercle de Torricelli.

LIV. II. CHAP. II. Par le demi cercle de Torricelli.

VOici encore un autre inſtrument compoſé pour le même effet. C'eſt un demi cercle diviſé ſur ſon bord intérieur en 180 dégrez à l'ordinaire, & ſeulement en 90 parties ſur celui de dehors, dont le dia-



metre eſt prolongé par un bout ; & à l'autre, par lequel la diviſion ſe commence, il y a un plomb attaché à un filet qui marque ſur le bord extérieur du demi cercle les dégrez de l'angle de

de l'élévation de la piéce lors-que l'on met dans l'ame le bout du diametre prolongé, & les dégrez qui leur répondent sur le bord intérieur, sont ceux dont il faut prendre les sinus.

LIV. II. CHAP. II.

Par le demi cercle de Torricelli.

Son usage est assez prompt, car comme dans cét instrument les sinus des dégrez qui répondent à ceux des angles de l'élévation de la piéce sont en même raison que l'étenduë des portées; après avoir mesuré exactement l'une des mêmes portées suivant un certain angle d'élévation; pour avoir l'étenduë d'une autre suivant un autre angle, il ne faut que faire une régle de Trois dont le premier terme doit être le sinus des dégrez répondans à ceux de l'angle sur lequel s'est fait l'expérience; le second terme doit être le sinus des dégrez répondant à ceux de l'angle proposé; le troisiéme doit être l'êtenduë de la portée connuë en mesures par l'expérience; & le quatriéme sera l'êtenduë que vous cherchez. Comme si vous avez trouvé par une expérience

LIV. II. CHAP. II.

Par le demi cercle de Torricelli.

tres-exacte que l'étenduë de la portée de vôtre piéce êlevée par exemple sous un angle de 30 dég. ait été de 1500 toises: pour savoir à combien de toises elle portera lors-que vous l'êleverez seulement sous un angle de 20. dégrez ? Parce que les dégrez qui répondent, sur le bord interne de l'Equerre à ceux de l'élévation de 30 dégrez sont 60 dég. qui ont 8660 pour sinus, & ceux qui répondent à l'élévation de 20 dégrez sont 40 dégrez qui ont pour sinus 6427 : je fais ma régle en cette maniére :

Si 8660 donnent 6427 que donneront 1500 ? Et j'aurai près de 1114 toises pour l'étenduë de la portée que l'on demande.

Ainsi pour savoir quelle sera la plus grande portée de la piéce, c'est-à-dire lors-qu'elle sera élevée à l'angle de 45 dég. qui ont pour répondans 90 dég. dont le sinus est 10000 : je fais ainsi :

Si 8660 donnent 10000 que donneront 1500 ? pour avoir environ 1732 toises pour la plus grande portée que l'on recherche. Mais

Mais si l'on veut sur la même hypothése, savoir à quel angle il faut élever la piéce ou le mortier pour le faire porter à une distance proposée, pourvû qu'elle n'excéde point celle à laquelle la piéce élevée à l'angle de 45 dégrez peut porter ; il faut faire une autre régle de trois, dont le premier terme sera l'étenduë de la portée de la piéce connuë en mesures par l'expérience que l'on en a faite ; le second terme sera l'étenduë de la portée que l'on propose ; & le troisiéme doit être le sinus des dégrez répondans à ceux de l'élévation sous laquelle on a fait l'expérience ; afin que par la régle on ait pour quatriéme terme, le sinus des dég. décrits dans le bord intérieur de l'Equerre, dont les répondans sur le bord de dehors sont ceux de l'élévation que l'on demande.

LIV. II. CHAP. II.

Par le demi cercle de Torricelli.

Comme si l'on désire savoir à quel angle il faut élever la piéce pour la faire porter à la longueur de 1200 toises, suppose qu'elle ait chassé à

LIV. II. CHAP. II.

Par le demi cercle de Torricellli.

celle de 1500 toises sous l'élévation de 30 dégrez qui ont 60 dégrez pour répondans sur le bord intérieur de l'Equerre, dont le sinus est 8660. Je fais ma régle de trois en cette maniére.

Si 1500 donnent 1200: que donneront 8660? Et j'aurai pour quatriéme terme 6928 sinus de l'angle de 43 dégrez 51 min. qui ont pour correspondant sur le bord extérieur de l'Equerre 21 56′ qui sont ceux de l'élévation que l'on demande; aussi bien que 68 4′. qui sont leur complément à l'angle droit.

Si par la régle vous trouviez que vôtre quatriéme terme fut un nombre plus grand que ceux qui sont contenus dans la Table des sinus, c'est-à-dire plus grand que celui que vous auriez pris pour sinus total; ce seroit une marque que la distance proposée seroit plus grande que celle à laquelle elle peut porter avec la même charge. Comme si l'on demandoit à quel angle elle devroit étre élevée pour la faire chasser à la longueur de 1800 toi-

toiſes ? faiſant la régle de trois comme nous l'avons enſeignée, l'on trouveroit pour quatriéme terme ce nombre 10392 ; lequel étant plus grand que celui de 10000 qui eſt ſinus total dans cette hypothéſe où le ſinus de 60 dégrez eſt 8660 ; fait voir que la piéce ne peut pas chaſſer à cette diſtance : ce qui eſt conforme à ce que nous avons fait voir ci-devant, que ſa plus grande portée qui eſt ſous l'angle de 45 dégrez n'étoit que d'environ 1732 toiſes.

Liv. II. Chap. II. Par le demi cercle de Torricelli.

CHAPITRE III

Par un autre inſtrument ſans le beſoin des ſinus.

Toutes ces pratiques ſont faciles & aſſurées : mais comme il y faut avoir inceſſamment recours à la Table des ſinus, qu'il ſeroit peut-être difficile d'avoir toûjours préſente ; le même Torricelli a recherché le moïen de s'en paſſer ajoûtant diverſes lignes dans l Equerre dont nous venons d'enſeigner la deſcription & l'uſage. Voici donc ce qu'il fait.

Chap. III. Par un autre inſtrument ſans le beſoin des ſinus.

LIV. II. CHAP. III.

Par un autre instrument sans le besoin des sinus.

Il se contente de la division du bord extérieur du demi cercle en 90 dég.; & ayant mené un rayon perpendiculaire au diametre, il le divise en un tres grand nombre de parties égales, comme par exemple en p. 200; qu'il commence à conter du centre du demi cercle. En-suite de chaque dégré marqué dans son bord, il tire des droites, qu'il appelle des guides, paralleles au diametre qui passent au travers de ce rayon divisé, & vont répondre aux dégrez qui sont les complemens à l'angle droit de ceux d'où elles sont parties; c'est-à-dire que la droite tirée par exemple du 10 dégré, tombe sur le 80; & celle qui vient du 20 tombe sur le 70. Et ainsi des autres.

Maintenant comme les portions du rayon divisé contenuës entre chacune des guides & le centre du demi cercle, sont égales aux sinus du double des angles d'où les guides ont été tirées, il ne faut que prendre le nombre des parties égales du rayon divisé comprises entre le centre & les guides

&

& s'en servir pour termes des régles de trois au lieu des sinus.

LIV II. CHAP. III.

Par un autre instrument sans le besoin des sinus.

Comme dans la même supposition; parce que la guide du 30 dég. coupe le rayon de telle sorte qu'il y a 173 parties égales jusqu'au centre; & celle du 20 dégré le coupe où il y en a 128 $\frac{1}{2}$.

Pour savoir quelle sera la portée de la piéce êlevée au 20 dégré, supposé qu'au 30 elle ait chassé à la longueur de 1500 toises, je fais ma régle de trois en cette maniére.

Si 173 donnent 1500 toises, que donneront 128 $\frac{1}{2}$? & j'aurai les mêmes 1114 toises pour la portée de la piéce à l'élévation proposée de 20 dégrez.

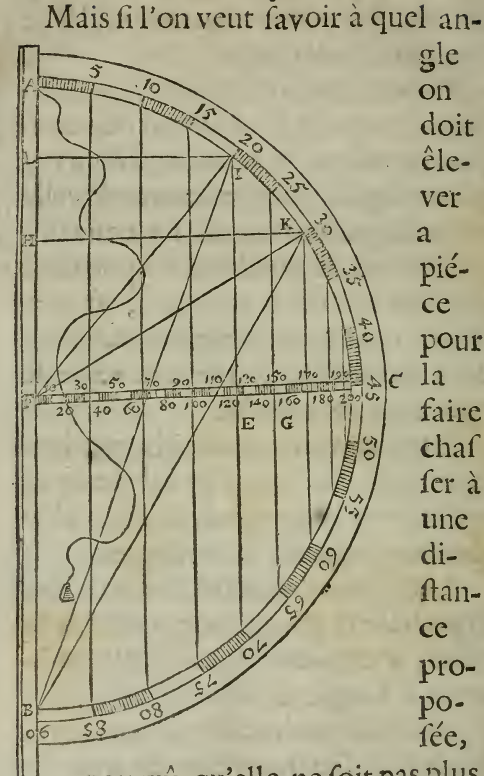
Ainsi pour connoître sur la même hypothése la plus grande portée de la piéce, c'est-à-dire lors-qu'elle est êlevée à l'angle de 45 dégrez qui a le rayon entier ou les 200 parties sous sa guide; je fais ma régle de trois en cette sorte.

Si 173 donnent 1500 toises: que donneront 200? Pour avoir toûjours à peu près les mêmes 1732 toises.

LIV. II. CHAP. III.

Par un autre inſtrument ſans le beſoin des ſinus.

Mais ſi l'on veut ſavoir à quel angle on doit êlever a piéce pour la faire chaſſer à une diſtance propoſée,



pourvû qu'elle ne ſoit pas plus grande que ſa portée naturelle ſous l'élévation de 45 dégrez. Comme ſi l'on vouloit la faire porter à la longueur de 1200 toiſes; il

il faudroit diſpoſer les termes de la régle de Trois en cette maniére.

LIV II. CHAP. III.

Si 1500 toiſes donnent 173 parties: que donneront 1200 ? pour avoir 138½ parties ſur leſquelles tombe la Guide de l'angle 21 dégré 56′ & de ſon complément à l'angle droit 68 dég. 4′. qui ſont les angles de l'élévation que l'on doit donner à la piéce pour la faire chaſſer à la diſtance propoſée de 1200 toiſes.

Par un autre inſtrument ſans le beſoin des ſinus.

L'on peut par la même régle connoître ſi la diſtance propoſée eſt dans les termes de la portée de la piéce ; car ſi les nombres des parties qui viennent pour quatriéme terme de la régle de Trois, excédent 200 c'eſt-à-dire le nombre de parties contenuës dans le rayon diviſé ; l'on pourra dire que la piéce ne ſauroit porter avec la même charge à la longueur que l'on a propoſé.

Comme ſi l'on demandoit l'angle de l'élévation de la piéce pour la faire porter à la longueur de 1800 toiſes ? En faiſant ainſi la régle de Trois.

Si

LIV. II. CHAP. III.

Si 1500 donnent 173 : que donneront 1800 ?

Par un autre instrument sans le besoin des sinus.

Je trouve qu'il me vient pour quatriéme terme 207 $\frac{3}{5}$ parties, qui surpassent les 200 parties contenuës dans le rayon divisé ; & qui me font connoître que la piéce ne peut pas porter, à cette distance. C'est ce qui convient à ce que nous avons dit ci-devant, faisant voir que sa plus grande portée est seulement de près de 1732 toises.

LIVRE TROISIEME.

LIV. III.

Pratiques des jets dont l'êtenduë n'est pas au niveau des batteries.

NOus ajoûterons ici diverses pratiques pour la résolution de plusieurs cas différens de ceux que nous avons expliquez & qui peuvent arriver sur le même sujet, & premiérement.

CHAPITRE PREMIER.

Portée de but en blanc d'une piéce élevée audessus du plan horizontal.

CHAP. I. Portée de but en blanc d'une piéce élevée audessus du plan horizontal.

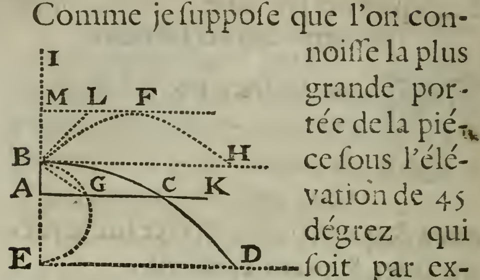
POur savoir à quelle distance d'un plan horizontal, une piéce pointée du but en blanc & posée au dessus du niveau du même plan, pourra porter ? Comme dans cette figure où la ligne de niveau de la campagne est A K sur laquelle la piéce est élevée de la hauteur perpendiculaire A B : pour connoître le point C dans la droite A K ou le boulet arrivera partant de la piéce en B pointée du but en

LIV. III. CHAP. I.

en blanc, c'est-à-dire suivant la direction horizontale B H ?

Portée de but en blanc d'une piéce élevée au dessus du plan horizontal.

Comme je suppose que l'on connoisse la plus grande portée de la piéce sous l'élévation de 45 dégrez qui soit par exemple B H, & la hauteur A B ; je multiplie la moitié de B H par A B, & le double de la racine quarrée du produit, me donne la longueur sur le plan horizontal A C que je cherche. Comme si la hauteur perpendiculaire A B, êtoit par exemple de 15 piés c'est-à-dire de $2\frac{1}{2}$ toises, & la plus grande portée de 1732 toises ; je multiplie 866 moitié de 1702 par $2\frac{1}{2}$, & du produit 2165 je prens la racine quarrée 46 dont le double 92 toises est la longueur A C demandée. Dans la même hypothése si la hauteur perpendiculaire A B êtoit de 30 piés, c'est-à-dire 5 toises, je multiplie-



plierois 866 moitié de la plus grande portée par 5 & du produit 4330, je prendrois la racine quarrée 65, dont le double 130 toises me feroit la longueur demandée A C.

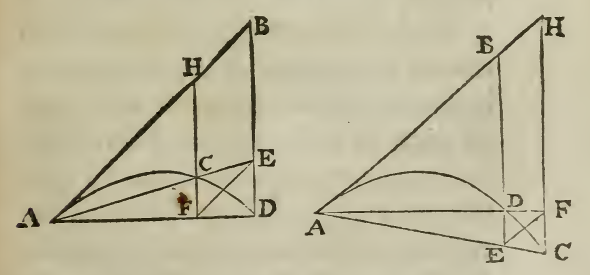
LIV. III. CHAP. I.

CHAPITRE II.

Portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

CHAP. II. Portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

POur savoir à qu'elle distance d'un plan incliné au dessus ou au dessous de l'horizon, le boulet d'une piéce pointée sous un angle donné, touchera? Comme dans cette figure. Pour connoître à quel point du



plan A E incliné au dessus ou au dessous de l'horizon AF, arrivera le boulet

Portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

let d'une piéce ou d'un mortier pointé suivant l'angle de l'inclination D A B : il faut faire deux régles de Trois ?

La prémiére pour trouver la longueur horizontale A F en faisant que comme *la tangente de l'angle* de l'inclination de la piéce D A B est à *la tangente de l'angle* de l'inclination du plan D A E ; ainsi l'amplitude A D de la parabole A C D trouvée par les tables, soit à une autre, qui sera la longueur D F ; laquelle étant ôtée de la même amplitude si le plan est incliné sur l'horizon, ou étant ajoûtée s'il est au-dessous, donne la longueur horizontale A F

Par la seconde régle de Trois, l'on trouve la longueur A C, car comme le sinus total est à la sécante de l'angle du plan D A E, ainsi A F est à A C. La hauteur perpendiculaire C F se trouve avec la même facilité ; car comme le sinus total est à la tangente du même angle du plan D A E, ainsi A F est à C F.

Com-

Comme si l'angle de l'inclination du plan D A E au-dessus ou au-dessous de l'horizon est de 25 dég., & l'angle de l'inclination de la piéce D A B de 43 dégrez. Supposant que la plus grande portée sous l'Angle de 45 dégrez soit de 1732 toises; sa portée sous l'angle de 43 dégrez sera de 1647; & partant disposant nôtre premiére régle de Trois en sorte que comme 93252 tangente de 43 dégrez, est à 46631 tangente de 25 dégrez; ainsi 1647 qui est l'amplitude A D est à $823\frac{1}{2}$ qui est la longueur D F: laquelle êtant ôtée du nombre 1647 qui est A D donne aussi 823_2 pour la longueur horizontale A F si le plan est incliné au-dessus de l'horizon, ou bien êtant ajoûté à la même amplitude 1647 donne 2470 pour la même longueur si le plan est incliné sous l'horizon.

LIV. III. CHAP. II.

Portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

Maintenant si je fais que comme 100000 sinus total est à 110338 sécante de l'angle du plan FAC, ainsi A F longueur horizontale du plan incli-

LIV. III. CHAP. II.

Portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

incliné {sur l'horizon 823½ / sous l'horiz. 2470} est à un autre; j'aurai pour la longueur du plan incliné A C {sur l'horizon 908 to. / sous l'horiz. 2725 to.}

Ainsi faisant que comme le sinus total 100000 est à 46631 tangente du même angle F A C ; ainsi la même longueur horizontale A F du plan incliné {sur l'horizon 823½ / sous l'horiz. 2470} est à un autre ; j'aurai pour la hauteur perpendiculaire C F
{sur l'horizon 384 toises. / sous l'horizon 1151 toises.}

En la même maniére si nous supposons que l'angle de l'inclination du plan FAC soit de 15 dég. au dessus ou au dessous de l'horizon : celui de l'inclination du mortier FAB de 32 dégrez ; & la plus grande portée de la bombe à 45 dég. de 600 toises, qui par conséquent à 32 dégrez donnera 539 to. : si je fais que comme 62487 tangente de l'angle de 32 dégrez est à 26795 tangente de l'angle FAC de

15 dégrez ; ainsi l'amplitude A D 539. to. est à une autre ; J'aurai 229 pour la longueur F D, qui dans le cas que l'inclination soit
{ sur l'horizon étant ôté de / sous l'horiz. étant ajoûtée a } 539, donne { 310 / 768 }
pour la longueur horizontale A F.

Maintenant si je fais que comme le sinus total 100000 est à 103528 sécante de l'angle F A C de 15 dégrez ; ainsi A F { 310 sur l'horizon / 768 sous l'horizon } est à un autre ; j'aurai pour la longueur du plan incliné A C { 321 to. sur / 795 to. sous } l'horizon. Et si je fais que comme le sinus total 100000 est à 26795 tangente du même angle de 15 dégrez ; ainsi A F { 310 sur / 770 sous } l'horizon, est à un autre ; j'aurai pour la hauteur perpendiculaire C F { 83 to. sur / 206 to. sous } l'horiz.

LIV. III. CHAP. II.

Portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

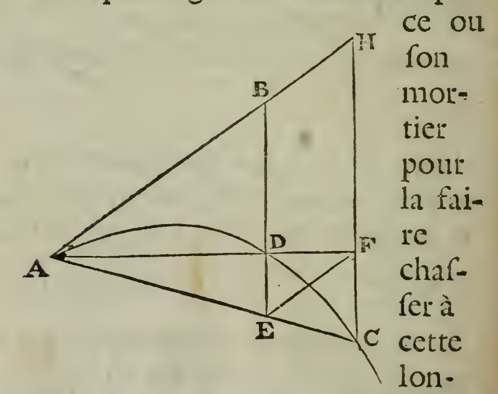
LIV. II. CHAP. III.

CHAPITRE III.

Trouver l'angle de l'élévation de la piéce.

Trouver l'angle de l'élevation de la piece.

CEtte pratique eſt de Torricelli qui n'a rien dit de la converſè de ſa propoſition qui eſt beaucoup plus difficile. C'eſt-à-dire lors-que la longueur & l'inclination d'un plan êtant donnée au-deſſus ou au-deſſous du niveau d'une batterie, l'on veut ſavoir à quel dégré il faut élever ſa piéce ou ſon mortier pour la faire chaſſer à cette longueur? Comme ſi l'angle F A C & la longueur AC êtant donnez, & par-conſéquent la hauteur perpendiculaire FC & la longueur horizontale AF; l'on



l'on demande quel doit être l'angle FAB, suivant lequel la piéce ou le mortier doit être dressé pour faire passer le boulet ou la bombe par le point C.

LIV. III. CHAP. III. Trouver l'angle de l'élévation de la piéce.

En voici diverses régles dont je nommerai les Auteurs dans la troisiéme partie de ce discours, lors-que j'expliquerai les propositions d'où les régles ont été tirées.

CHAPITRE IV.

Premiére Pratique par les sinus.

CHAP. IV. Premiére pratique par les sinus.

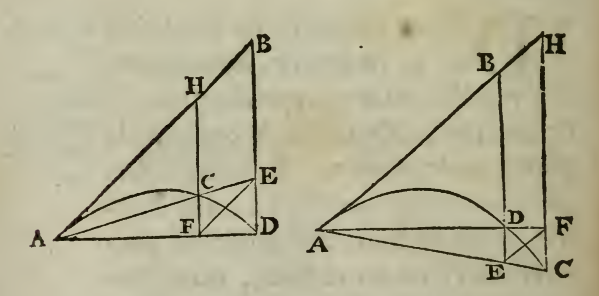
1. DIvisez le quarré de la moitié de la longueur horizontale A F par la hauteur perpendiculaire C F, ajoûtez au Quotient le quart de la plus grande portée. En-suite faites que comme ce quart est à cette somme, ainsi le sinus de l'angle du plan FAC soit à un autre sinus, dont l'angle étant ajoûté à celui de l'inclination du plan, donne le double de l'angle de l'élévation de la piéce ou du mortier que l'on demande.

LIV. III. CHAP. III.

Trouver l'angle de l'élévation de la piéce.

Comme dans l'exemple pris ci-devant, posant que l'angle de l'inclination du plan A C au-dessus du niveau des batteries A F est de 15 dég.; l'êlévation perpendiculaire C F de 83 toises; longueur horizontale A F de 310 to.; & la plus grande portée du mortier à l'angle de 45 dég. de 600 toises. Pour trouver quel angle d'êlévation il faut donner au mortier pour faire porter la bombe du point A par exemple dans un château sur une montagne en C?

Je prens premiérement 155 qui est la moitié de la distance horizontale



A F, dont le quarré 24025 divisé par la hauteur perpendiculaire C F 83, fait au Quotient 289; à quoi j'ajoûte 150 qui est le quart de la plus grande portée,

tée, & j'ai 439. Puis je fais que comme ce même quart 150 est à cette somme 439, ainsi 25882 sinus de l'angle FAC de 15 dég. soit à un autre, c'est-à-dire à 75747 qui est le sinus de 49. 14'. & de son complement à deux droits 130. 46'; j'ajoûte 15 dégrez, à l'un & à l'autre & j'ai 64. 14' & 145. 46' dont les moitiés 32. 7' & 72. 53'. sont les angles de la direction du mortier que l'on recherche. C'est-à-dire qu'élevant le mortier suivant l'un ou l'autre de ces deux angles, la bombe partant du point A avec une force capable de la porter à la longueur de 600 to. sous l'angle de 45 dégrez, ira frapper au point C élevé sur l'horizon des batteries à la hauteur de 83 to. & éloigné horizontalement de 310 to.

LIV. III. CHAP. III.

Trouver l'angle de l'élévation de la piéce.

CHAPITRE V.

Seconde pratique par les ſinus.

Seconde pratique par les Sinus.

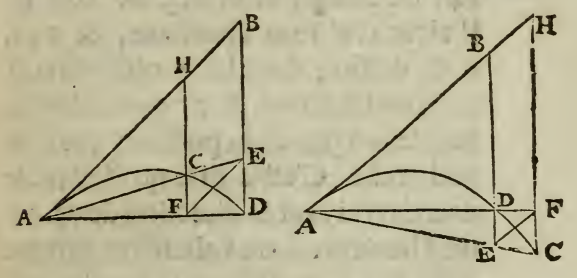
2. FAites que comme la moitié de la plus grande portée eſt à la moitié de la diſtance horizontale, ainſi le ſinus total ſoit à un autre, auquel il faut ajoûter la tangente de l'inclination du plan s'il eſt incliné ſur l'horizon, ou l'ôter s'il eſt incliné au-deſſous. Puis faire que comme le ſinus total eſt au ſinus du complement de l'angle du plan, ainſi cette ſomme ou différence ſoit à une autre, & vous aurez le ſinus d'un angle auquel ajoûtant l'angle du plan l'inclination étant au-deſſus, ou l'ôtant ſi elle eſt au-deſſous, & prenant la moitié de la ſomme ou de la différence, vous aurez l'angle de la direction du mortier que vous cherchez.

Comme dans la même hypothéſe ſi le plan eſt incliné ſur l'horizon: multipliant 155 moitié de la diſtance horizontale A F par le ſinus droit 100000, & diviſant le produit 15500000

1550000 par 300, qui est la moitié de la plus grande portée, j'ai 51666: à quoi j'ajoûte 26795 tangente de l'angle du plan de 15 dég. & la somme est 78455; que je multiplie par 96593 sinus de 75 dég. complement de l'angle du plan; & je divise le produit 7578203815 par le sinus total

LIV. III. CHAP. V.

Seconde pratique par les sinus.



100000, pour avoir 75782 sinus de l'angle de 49. 16′ & de son complement à deux droits 130 44′; & ajoûtant 15 dég. de l'angle du plan à l'un & à l'autre, j'ai 64. 16′. & 145. 44′ dont les moitiés me donnent 32. 8′ & 72. 52′ pour les angles que l'on demande.

Et si le plan est incliné sous l'horizon; j'ôte 26795 tangente de l'angle du plan, de la somme trouvée 51666.

 &

LIV. III. CHAP. V.

Seconde pratique par les sinus.

Et le reste est 24865, que je multiplie par les mêmes 96593 sinus de 75 dég. complement de l'angle du plan FAC; dont le produit 2402364503 doit être divisé par le sinus total 100000, & le Quotient 24023 est sinus de l'angle de 13. 54', & de son complement à deux droits 166. 6'. Enfin ôtant 13. 54'. de 1 dég., & 15 dég. de 166. 6'. Il vient 1. 6' sous l'horizon, & 151. 6' au-dessus; dont les moitiés savoir 33' sous l'horizon & 75. 33' au-dessus, sont les angles de la position que l'on recherche. C'est-à-dire qu'élevant le mortier suivant la direction de 75. 33' sur l'horizon, ou l'abaissant suivant celle de 33' au-dessous, la bombe partant du point A, ira fraper au point C abaissé sous le niveau de la batterie de la hauteur perpendiculaire F C.

CHAPITRE VI.

Troisiéme pratique par les sinus.

3. MUltipliez le sinus du complement de l'angle du plan par la distance horizontale, & divisez le produit par la plus grande portée; le Quotient sera un nombre auquel ajoûtant celui de la même inclination si elle est sur l'horizon, ou l'ôtant si elle est dessous; l'on aura le sinus d'un angle auquel il faut ajoûter ou ôter l'angle de l'Inclination du plan, & prendre la moitié de la somme ou de la différence pour avoir celui de la position du mortier que l'on demande.

LIV. III. CHAP. VI. Troisiéme pratique par les sinus.

Comme si je multiplie 96593 sinus de 75 dég. complement de l'inclination du plan sur l'horizon, par 310 longueur horizontale; & divisant le produit 29943830 par 600 de la plus grande portée, j'ajoûte au Quotient 49906 le sinus de la même inclination 25882, il viendra 75788 qui est le sinus de l'angle de 49. 16′ & de son

LIV. III. CHAP. VI.

Troisiéme pratique par les sinus.

complement à deux droits 130 44′, à quoi ajoûtant 15 dég. de l'élévation du plan, j'ai 64. 16′, & 145.44′, dont la moitié qui est 32. 8′ & 75. 52′ sont les angles de l'élévation que je dois donner au mortier.

Si le plan avoit été incliné sous l'horizon, j'aurois ôté du même nombre 49906 le même sinus 25882, & le reste m'auroit donné 24024 sinus de l'angle de 13. 54′ & de son complement à deux droits 166. 6′; ainsi ôtant 13. 54′ de 15 dég., & 15 dég. de 166. 6′: il vient 1. 6′ sous l'horizon & 151. 6′ au-dessus, dont la moitié 33′ sous l'horizon & 75. 33′ au-dessus, sont les angles de position demandez.

CHAPITRE VII

Quatriême pratique par les sinus.

CHAP. VII.

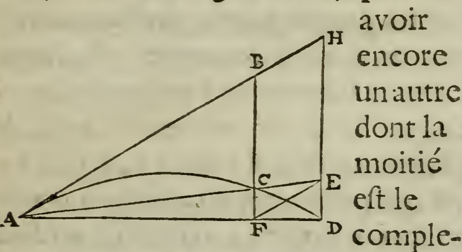
Quatriéme pratique par les sinus.

4. SI le plan est incliné sur l'horizon, ôtez de la plus grande portée la hauteur perpendiculaire, & multipliez le reste par la même hauteur; puis ayant divisé le produit par la

la longueur du plan incliné, ôtez le quotient de la même longueur; & prenez la moitié du reste, qu'il faut ajoûter au même quotient. En-suite il faut faire que comme cette somme est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre; & vous aurez la sécante d'un angle, auquel ajoûtant ou ôtant l'angle du plan il vient un autre angle qu'il faut ôter ou ajoûter à l'angle droit, pour en avoir encore un autre dont la moitié est le complement de l'angle de l'êlévation du mortier que l'on recherche.

LIV. II. CHAP. VI.

Quatriéme pratique par les sinus.



Comme si demeurant dans la même supposition, il faloit tirer dans un château sur une montagne en C êlevé sur le plan de la batterie AF de la hauteur perpendiculaire FC 83 to., à la distance de 320 to. sur le plan

LIV. III. CHAP. VII.

Quatriéme pratique par les ſinus.

AC incliné de 15 dég. ſur le niveau de la batterie; ſuppoſant la plus grande portée du mortier de 600 to. après avoir ôté la hauteur FC 83 to. de 600; je multiplie le reſte 517 par FC 83; & je diviſe le produit 42911 par AC 320, pour avoir 134 au quotient, que j'ôte de AC 320, puis je prens la moitié du reſte 186 qui eſt 93 que j'ajoute au quotient 134, & j'ai 227. En-ſuite je fais que comme 227 eſt à 300 moitié de la plus grande portée, ainſi 100000 ſinus total eſt à un autre; & j'aurai 132158 ſécante de l'angle de 40. 50′ auquel ajoûtant ou ôtant l'angle du plan de 13 dég., il vient 55, 50′, & 25. 50′ qu'il faut ôter ou ajoûter à 90 dégrez pour avoir 43. 10′ & 115. 50 dont les moitiés ſont 57. 5′ & 57. 55′, qui ſont les complemens de 72. 58′ & 32. 5′ angles de la poſition du mortier que l'on demande.

Si l'inclination du plan eſt ſous l'horizon ajoûtez la plus grande portée à la hauteur perpendiculaire & multipliez la ſomme par la même

hau-

hauteur : puis ayant divisé le produit par la longueur du plan incliné, ajoûtez le Quotient à la même longueur & ôtez le même Quotient de la moitié de la somme; en-suite faites que comme ce reste est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre, qui sera la sécante d'un angle, duquel ôtant ou ajoûtant l'angle du plan, il vient un autre angle qu'il faut ôter ou ajoûter à l'angle droit; & le reste où la somme est le double du complement de l'angle que l'on recherche.

LIV. II. CHAP. VII.

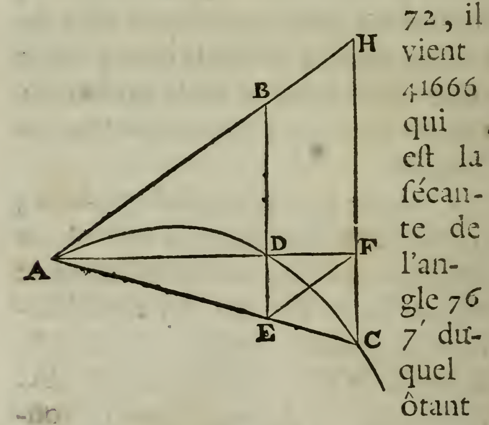
Quatriéme pratique par le sinus.

Comme dans la même hypothése, il faloit tirer dans quelque endroit au fonds d'une vallée en C abaissé sous le niveau de la batterie A F de la hauteur perpendiculaire F C 83 to. à la distance de 320 toises sur le plan AC incliné de 15 dégrez, supposant toûjours la plus grande portée de 600 toises. Ayant ajoûté la plus grande portée 600 à la hauteur perpendiculaire 83; je multiplie leur somme 683 par la

LIV. III. CHAP. VII.

Quatriéme pratique par les sinus.

même hauteur 83, & je divise le produit 56689 par 320 longueur du plan incliné, qui me fait 177 au quotient; lequel ajoûté à la même longueur 320, fait 497 dont la moitié est 249, d'où j'ôte le même quotient 177, & j'ai 72 pour le reste. En-suite ayant multiplié le sinus total 100000 par la moitié de la plus grande portée 300 & divisé le produit 3000000 par 72, il vient 41666 qui est la sécante de l'angle 76 7′ duquel ôtant



& ajoûtant l'angle du plan 15 dégrez j'ai 61. 7′ & 91. 7′. Puis ôtant le premier & ajoûtant le dernier à 90 dégrez, il me vient 28. 53′ & 181. 7′ dont

7′ dont la moitié est 14. 26′ ½, & 90. 33 ½, complemens de 75. 33 ½′, sur l'horizon, & de 33 ½′ au-dessous, pour la position du mortier que l'on demande. LIV. III. CHAP. VII.

CHAPITRE VIII.

Cinquiéme Pratique par le demi cercle de Torricelli rectifié.

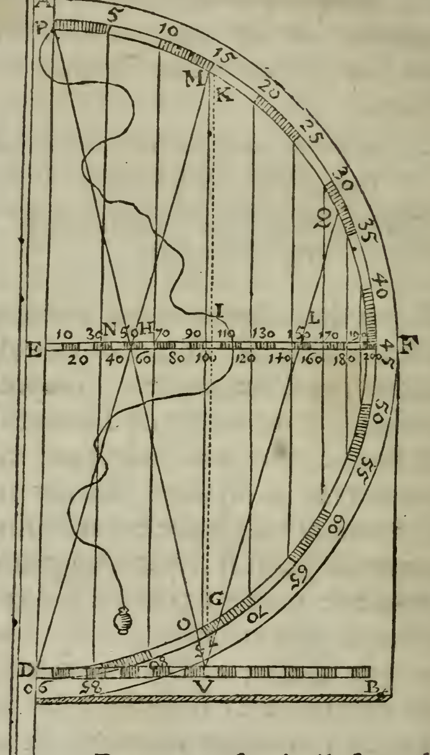
IL y a des instrumens qui peuvent sans s'embarasser de tant de calcul, donner les mêmes angles. Le premier est le demi cercle de Torricelli A F D que nous avons expliqué ci-devant avec les divisions tant des 90 dégrez autour du limbe entier à commencer du point A, que d'un grand nombre de parties égales sur le demi diametre perpendiculaire E F, il ne faut qu'y ajoûter en bas au point D, une touchante D B égale à E F & divisée en la même maniére, & avoir, outre le plomb pendant en A, un filet qui puisse couler au long de la droite D B & s'étendre de là

CHAP. VIII. Cinquiéme pratique par le demi cercle de Torricelli rectifié.

LIV. III. CHAP. VIII.

Cinquiéme pratique par le demi cercle de Torricelli rectifié.

ſur toutes les parties du demi cercle.



Pour s'en ſervir il faut du point A conter ſur le limbe autant de dégrez que contient l'angle de l'inclination du plan comme

me de A en M ; & apliquant le filet de D en M coupant la droite E F en H, conter combien il y a de parties entre E & H. En-ſuite il faut prendre ſur D B la droite DV & ſon égale E I ſur EF ; de ſorte que DB ſoit à DV, comme la plus grande portée eſt à la diſtance horizontale donnée, & contant de I en L vers le point F, (ſi l'inclination eſt ſur l'horizon ;) ou de I en N vers E (ſi elle eſt au-deſſous,) autant de parties qu'il y en a de E en H, dreſſer le filet de V par les points L ou N, qui touchera le cercle s'il n'y a qu'une ſolution ; ou le coupera en deux points, comme G, Q ou O, P ; s'il y en a deux, ou ne le rencontrera point du tout, ſi le probleme eſt impoſſible. Et les points de la rencontre G : Q : ou O : P : ſeront ceux que l'on recherche: en-ſorte que mettant le grand bras DC dans l'ame du mortier & le dreſſant de maniére que le plomb pendant en A tombe ſur G : Q: ou O : P: la Bombe ſera porteé au point où l'on veut qu'elle aille.

LIV. III. CHAP. VIII.

Cinquiéme pratique par le demi cercle de Torricelli rectifié.

Com-

LIV. III. CHAP. VIII.

Cinquiéme pratique par le demi cercle de Torcelli rectifié.

Comme dans nôtre exemple ſupposé que l'angle de l'inclination du plan ſoit de 15 dég, la diſtance horizontale de 310 toiſes, la plus grande portée de 600 to., & les droites E F & D B partagées en 200 parties. Il faut premiérement prendre 15 dég. depuis A juſqu'en M & menant le filet D H M remarquer qu'il y a 53 p. depuis E juſqu'en H ſur la droite E F; en-ſuite ſi l'on fait que comme la plus grande portée 600 to., eſt à la diſtance horizontale 310 to., ainſi la ligne E F 200 p. eſt à une autre; l'on aura D V & E I de 103 p., auxquelles ajoûtant I L de 53 p., (ſi l'inclination eſt ſur l'horizon,) l'on aura E L de 156 p.; & paſſant le filet du point V par L, il coupera le demi cercle aux points Q de 32 dégrez & G de 73 qui ſont les angles de la poſition du mortier que l'on demande, mettant le bras de l'Equerre D C dans l'ame & élevant le mortier en-ſorte que le plomb pendant en A tombe ſur les points de 32 ou de 73 dégrez.

Si

LIV. III. CHAP. VIII. Cinquiéme pratique par le demi cercle de Torricelli rectifié.

Si l'inclination du plan êtoit sous l'horizon, il auroit falu ôter la droite E H ou I N 53 p. de la ligne E I 103 p., afin d'avoir E N. de 50 p.; puis faire passer le filet du point V par le point N, qui auroit coupé le demi cercle au point O 75½ dég & au point P. ½ dégré au delà de la droite A D. Ce qui fait voir que les angles de la position du mortier sont en ce cas de 75½ dég. sur l'horizon & d'un demi dégré au-dessous. C'est-à-dire que le bras D C êtant mis dans l'ame du mortier, il faut le hausser en-sorte que le plomb tombe sur le point O de 75. 30′, ou l'abaisser de maniére que le même plomb coupe le demi cercle prolongé au delà du diametre AD au point P à la distance d'un demi dégré depuis le point A.

LIVRE QUATRIE'ME.

Pratique Universelle.

CHAPITRE PREMIER.

Construction d'un instrument pour toutes sortes de jets.

CHAP. I. Construction d'un instrument pour toutes sortes de jets.

VOici encore un autre instrument qui n'est pas moins ingénieux que celui de Torricelli, & qui peut servir pour toutes sortes de portées, soit qu'on les demande dans l'êtenduë du niveau des batteries, soit qu'on veüille les faire porter sur des plans êlevez ou abaissez au-dessus ou au-dessous du même niveau.

C'est un quarré A B C D dont l'un des côtez comme AB porte à l'un des bouts comme A le plomb attaché à un filet, l'autre B est prolongé vers E, afin que la branche B E puisse entrer dans l'ame du Canon ou du mortier. Le même côté A B est le diametre du

du demi cercle A H B dont le centre est en F & qui doit être premiérement divisé en 90 parties égales, ainsi que celui de Torricelli, à commencer du point A sur un des limbes; & sur l'autre, chaque quart de cercle HA & HB doit être aussi divisé en 90 dégrez à commencer du point H. Le demidiametre perpendiculaire F H continué jusqu'en G, en-sorte que HG soit égale à F H, doit être aussi partagé en un tres-grand nombre de parties égales à commencer du point F; & l'on fait passer, par chacun de ses points, des Guides paralleles au diametre A B & traversant jusqu'aux deux côtez opposez AC : BD : qui par ce moïen se trouveront divisez comme la droite F G. Il faut enfin qu'il y ait un filet attaché au centre F. Voilà tout ce qu'il faut pour sa construction.

Construction d'un instrument pour toutes sortes de jets.

CHA-

LIV. IV. CHAP. II.

CHAPITRE II.

Son uſage pour les portées qui ſont au niveau des batteries.

Son uſage pour les portées qui ſont au niveau des batteries.

L'Uſage en eſt tel. Si connoiſſant la portée d'un Canon ou d'un mortier ſous un angle donné, l'on veut ſavoir quelle ſera celle de la mêmo piéce ſous un autre angle ? il faut mettre la pointe du compas ſimple ſur les dégrez du premier angle donné, marquez ſur le limbe qui commence du point A, & l'ouvrant de la grandeur du demi diametre du même limbe, le tourner ſur la droite F G & remarquer à quel nombre de parties il répond vers le point G. ; il en faut enſuite faire autant ſur les dégrez du ſecond angle : car les parties de la droite F G coupées par le premier angle ſont aux parties coupées par le ſecond, comme l'étenduë de la portée connuë ſous l'élévation du premier angle, eſt à celle que l'on cherche ſous l'êlévation du ſecond.

Com-

Comme si le côté F G êtant divisé en 400 parties, l'on propose quelle sera la portée d'un mortier êlevé de 40 dégrez, supposé qu'il ait chassé à la longueur de 400 to. sous l'êlévation de 21 dég.? Il faut ouvrir le compas de la grandeur du demi diametre F A, & l'aïant posé sur le bord du demi cercle au point de 21 dégrez, le tourner du côté de G sur la droite F G, & remarquer à quel point il répond de la même ligne, qui sera dans cét exemple au point 266. En-suite ayant posé la pointe du compas sur le point de 30 dégrez, il faut voir où il coupe la même F G qui doit être au point 346. Enfin il faut faire que comme 266 est à 346, ainsi la portée du mortier donnée de 400 toises sous l'angle de 21 dégrez est à un autre; & l'on aura peu plus de 520 toises pour la portée du même mortier êlevé sous l'angle de 30 dégrez.

LIV. IV. CHAP. II.

Son usage pour les portées qui sont au niveau des batteries.

Si posant la portée de 400 toises sous l'élévation de 21 dég. l'on vouloit savoir à quel angle il faudroit l'ê-

lever

LIV. IV. CHAP. II.

Son usage pour les portées qui sont au niveau des batteries.

lever pour chaſſer à 520 to. ? Ayant mis la pointe du compas ſur 21. dég., & vû qu'il coupe 266 parties ſur la droite FG, il faut faire que comme la portée de 400 to. eſt à celle de 520 to. ainſi 266 ſoit à un autre ; & il viendra 346. au point duquel ſur la droite G F il faut mettre la pointe du compas toûjours ouvert de la grandeur du demi diametre F A, & voir où il coupera le demi cercle comme aux poins 30 & 60. Qui ſont les angles de l'élévation du mortier pour le faire chaſſer à la diſtance de 520 to., ſuppoſé qu'il ait porté à celle de 400 to. ſous l'élévation de 21 dégrez.

CHAPITRE III.

Pour les portées qui ne ſont pas au niveau des batteries.

CHAP. III.

Pour les portées qui ne ſont pas au niveau des batteries.

LA difficulté n'eſt pas plus grande pour déterminer les portées vers les endroits élévez ou abaiſſez ſous l'horizon ; ſuppoſé que l'on connoiſſe la plus grande portée de la piéce ou du mor-

mortier, l'angle de l'inclination du plan & la diſtance horizontale, ſi c'eſt l'angle de l'êlévation du mortier que l'on cherche : ou que l'on connoiſſe les angles du plan & du mortier avec la plus grande portée, ſi c'eſt la diſtance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou enfin la hauteur perpendiculaire que l'on demande.

LIV. IV. CHAP. III. Pour les portées qui ne ſont pas au niveau des batteries.

CHAPITRE IV.

Trouver l'élévation de la piéce, quand l'inclination eſt au-deſſus du niveau des batteries.

AU premier cas, il faut faire que comme la plus grande portée eſt à la diſtance horizontale donnée, ainſi les parties contenuës dans la droite FG, ſoient à un nombre de parties de la même ligne. En-ſuite il faut étendre le filet attaché au centre F & le faiſant paſſer par le dégré de l'inclination du plan marqué ſur le bord du quart de cercle de H vers B (ſi l'inclina-

CHAP. IV. Trouver l'élévation de la piéce, quand l'inclination eſt au-deſſus du niveau des batteries.

LIV. IV. CHAP. IV.

Trouver l'élévation de la piéce, quand l'inclination est au-dessus du niveau des batteries.

nation est au-dessus de l'horizon,) ou de H vers A (si elle est au-dessous,) voir en quel point il coupera la Guide qui passe par le nombre de parties de la droite F G que nous avons marquées ; car le point sera le centre d'un arc de cercle dont le rayon est ce qui reste de la même guide depuis ce point jusqu'au côté B D du quarré, & qui touchera ou coupera le demi cercle en des points qui marqueront les angles de la position du mortier que l'on demande.

Comme dans l'exemple que nous avons rapporté ci devant ; ou nous avons supposé la plus grande portée de 600 to., & que le point où l'on veut tirer est dans un plan incliné 15 dég. au-dessus ou au-dessous de l'horizon des batteries à la distance horizontale de 310 to. ; il faut premiérement faire que comme 600 to. est à 310, ainsi 400 parties de la droite FG est au nombre 206 qui répond au point I sur la même F G, par où il faut entendre que passe la Guide K I O parallele au diame-

metre A B ; en-ſuite en faiſant paſſer le filet du point F par Q où il y a 15 dég. depuis H vers B (ſi l'élévation eſt ſur l'horizon,) remarquer le point L où il coupera la Guide I K ; & ce point L, ſera le centre ſur lequel mettant la pointe du compas ouvert de l'étenduë L K, & décrivant un arc de cercle, il touchera le demi cercle, ſi le probleme n'a qu'une ſolution ; ou le coupera en deux points comme M *m* s'il en a deux ; ou ne le rencontrera point du tout, s'il eſt impoſſible ; & les points de la rencontre M *m* marqueront ſur le bord intérieur du demi cercle, dont les dégrez commencent du point A, les angles de la poſition du mortier que l'on demande. C'eſt-à-dire que dans nôtre hypothéſe le point M donnera l'angle de 32 dég. & *m* celui de 72 ; ſur leſquels il faut que le plomb pendant en A tombe, lors-que le bras B E eſt au dedans de l'ame du mortier.

Trouver l'élévation de la piéce, quand l'inclination eſt au-deſſus du niveau des batteries.

LIV. IV. CHAP. V

Trouver l'élévation de la piéce, quand l'inclination est au-dessus du niveau des batteries.

CHAPITRE V.

Trouver l'élévation de la piéce, quand l'inclination est au-dessus du niveau des batteries.

SI sur la même supposition, l'inclination du plan étoit au-dessous du niveau de la batterie, il faudroit prendre l'arc de 15 dégré de son inclination du point H vers A comme H R, & passant le filet du point F par R, voir où il coupe la Guide KIO comme en S, où mettant la pointe du compas, ouvert de l'étenduë S K, faire l'arc K P *p* qui coupera le demi cercle en P où il y a 75.30′, & en *p* au delà du point A à la distance de 30′. qui sont ceux de la position du mortier que l'on cherche. De maniére que le haussant de telle sorte que le bras BE étant dans l'ame du mortier, le plomb tombe du point A sur 75, 30′, où le baissant tellement qu'il tombe sur le point *p* au delà du point A de 30′, la bombe ira frapper au lieu abaissé sous l'horizon comme on le demande

CHA-

LIV. IV. CHAP. VI.

Trouver la diſtance horizontale ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

Chapirre VI.

Trouver la diſtance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

MAintenant ſuppoſant que l'angle de l'inclination du plan ſoit toûjours de 15 dégrez ſur le niveau des batteries, la plus grande portée de 600 toiſes & un angle donné de l'élévation du mortier de 72 dégrez. Si l'on veut ſavoir quelle ſera la diſtance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou même la hauteur perpendiculaire à laquelle la bombe arrivera ſur le plan ? Il faut du point Q où répond l'angle du plan ſur le limbe des dégrez du demi cercle qui commencent au point H, prendre avec le compas la diſtance Q *m*, c'eſt-à-dire juſqu'au point qui répond ſur l'autre limbe à 72 dégrez de l'angle donné de l'êlévation du mortier, & la raporter du même point Q ſur l'autre côté du demi cercle comme au point M; puis faiſant paſſer le filet

LIV IV. CHAP. VI.

Trouver la diſtance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

par les deux points M *m*, voir où il coupera le côté B D comme en T ; car B K double de B T donnera la diſtance horizontale FI de 206 parties; & par conſéquent la guide I K & le point L où elle eſt coupée par le filet FQ; & raportant les droites FL & IL ſur FG, vous trouverez 213 p. pour la longueur du plan incliné FL, & 55 p. pour la hauteur perpendiculaire IL. De ſorte que faiſant que comme les 400 parties de la droite F G ſont aux 600 toiſes de la plus grande portée, ainſi les trois nombres de parties 206 : 213 : 55 : ſont à d'autres ; nous aurons 310 to. pour la diſtance horizontale F I, 320 to. pour l'inclinée FL, & 83 to. pour la hauteur perpendiculaire I L.

Si le plan étoit incliné ſous l'horizon & l'angle de l'élévation du mortier donné de 75. 30′, il faudroit mettre le compas ſur le point R où répond l'angle du plan ſous l'horizon, & l'ayant étenduë juſqu'en P. où ſont marquées les 75. 30′ de l'angle donné

né du mortier, le tourner de l'autre côté en *p* où il coupe le demi cercle prolongé au delà du point A ; & par les points *p* : P : faire passer le filet jusqu'à ce qu'il coupe le côté du quarré B D comme en T ; car le double de la droite BT pris sur la droite FG, donnera la longueur de la distance horizontale & la Guide qui lui répond, & par conséquent le point S, & la longueur de la distance sur le plan incliné F S, & celle de la hauteur perpendiculaire IS ; qui sur cette hypothése seront toujours les mêmes, c'est-à-dire que l'on aura 310 to. pour la distance horizontale F I, 83 to. pour la hauteur perpendiculaire sous le niveau de la batterie I S ; & 320 to. pour la longueur du plan incliné F S.

LIV. IV. CHAP. VI.

Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

LIVRE CINQUIEME.

Application du compas de proportion aux jets des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

Pour les portées qui ſont au niveau des batteries.

CHAP. I. Uſage du compas de proportion pour les portées qui ſont au niveau des batteries.

CEux qui ſavent bien l'uſage du compas de proportion ordinaire, pourront utilement s'en ſervir pour le jet des Bombes ſur toutes ſortes de plans, ſoit qu'ils ſoient dans le niveau des batteries, ſoit qu'ils ſoient inclinez au-deſſus ou au-deſſous du même niveau, ſans avoir beſoin d'aucunes tables ni d'aucun autre inſtrument que d'un compas commun. Car prenant ſur la ligne des cordes le double des ſinus des angles propoſés, l'on pourra leur trouver des proportionelles ſur celle des parties égales.

Ainſi connoiſſant la portée horizontale d'une piéce ou d'un mortier ſuivant

Usage du compas de proportion pour les portées qui sont au niveau des batteries.

vant la direction d'un angle donné; si l'on veut savoir quelle sera la portée de la même piéce suivant la direction d'un autre angle? il faut premiérement prendre sur la ligne des cordes la longueur de celle du quadruple du premier angle proposé, & la rapporter transversalement sur les parties égales aux points répondans à l'étenduë de la premiére portée; puis prendre sur les cordes la longueur de celle qui répond au quadruple du second angle proposé, & voir du côté des parties égales quels sont les points ausquels cette grandeur peut être apliquée transversalement; car ce seront ceux qui marqueront l'étenduë de la seconde portée que l'on demande.

Comme dans l'exemple proposé ci-devant où la portée d'une bombe tirée sous l'élévation de 21 dég. est de 400 to.; si l'on demande quelle sera celle du même mortier élevé sous l'angle de 30 dégrez? Je prens premiérement sur la ligne des cordes l'é-

LIV. V. CHAP. I.

Usage du compas de proportion pour les portées qui sont au niveau des batteries.

tenduë de celle de 84 dég. quadruple du premier angle proposé de 21 dég.; puis prenant le quart des 400 to. savoir 100 (à cause que le nombre des parties égales n'est ordinairement que de 200 sur le compas de proportion,) j'applique transversalement aux points 100. 100: des parties égales l'étenduë de la corde que j'ai prise; puis ayant pris la corde de 120 dég.; quadruple du dernier angle proposé de 30 dég.; je cherche sur le compas ainsi ouvert à quels points des parties égales, elle peut être appliquée transversalement;, & je trouve que ce sont les points 130: 130:, dont le quadruple qui est 520 toises me donne la portée du mortier que je recherche.

Si dans la même hypothése où la portée est de 400 to. à 21 dég., j'avois voulu savoir à quel dégré il faut êlever le mortier pour le faire chasser à la longueur horizontale de 520 to.? Après avoir appliqué la corde de 84 dég. quadruple de 21 dég. transversalement

sur

sur les points 100:100:des parties égales, j'aurois pris sur le compas ainsi ouvert la distance transversale qui est entre les points 130:130:du même côté, laquelle étant rapportée sur la ligne des cordes donne celle de 120 dég., dont le quart 30 dég. ou son complement 60 dégrez, sont les angles de la position du mortier que l'on demande. Je prens les points 130 : 130:parce que le nombre est le quart du proposé 520 comme les points 100: 100:sont le quart de l'autre proposé 400:ayant pû prendre $\frac{1}{2}$: $\frac{1}{3}$:$\frac{1}{5}$:ou telle autre partie de l'un & de l'autre qui auroit le plus comodement réüssi sur les parties égales du compas.

LIV. V. CHAP. I.

Usage du compas de proportion pour les portées qui sont au niveau des batteries.

Pour dresser le mortier suivant la direction d'un angle donné avec le compas de proportion; il faut premiérement l'ouvrir de la capacité de cét angle en prenant la longueur de sa corde & l'appliquant transversalement sur les points 60:60: des mêmes cordes; puis mettant un de ses bras sur le mortier en-sorte que la tête du

LIV. V. CHAP. I.

Usage du compas de proportion pour les portées qui sont au niveau des batteries.

compas étant tourné vers sa bouche, le même bras soit parallele à l'axe de



l'ame, il faut élever le mortier de maniére que l'autre bras devienne parallele à l'horizon, ce qui se cônnoit en appliquant sur ce bras un de ces petits niveaux d'émail ou tel autre que l'on jugera à propos.

CHA-

CHAPITRE II.

Usage du Compas de proportion pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

Usage du compas de proportion pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

L'Usage du compas de proportion n'est pas plus difficile pour les portées sur des plans inclinez au-dessus ou au-dessous du niveau des batteries; car il ne faut que prendre la longueur de la plus grande portée sur la ligne des parties égales, & y appliquer transversalement celle de la distance horizontale; puis sur cette ouverture de Compas prendre sur la même ligne des parties égales, la longueur de la corde du double du complement de l'angle du plan proposé, & ajoûter à celle qui lui répond transversalement la corde du double du même angle; & cét agrégé sera la corde d'un angle, à la moitié duquel & à son complement à deux droits, ajoûtant l'angle de l'inclination du plan, vous aurez le double des angles que l'on demande.

LIV. V. CHAP. III.

Trouver l'élévation de la piéce quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.

CHAPITRE III.

Trouver l'élévation de la piéce quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.

COmme dans nôtre exemple, supposé que la plus grande portée soit de 600 to., la distance horizontale de 310 to. & l'angle de l'inclination du plan sur l'horizon de 15 dég.: parce que le plus grand nombre des parties égales qui est sur le bras du compas de proportion ordinaire n'est que 200 qui est le tiers de 600 to. de la plus grande portée, je prens sur la même ligne la longueur de 103 $\frac{1}{3}$ p. qui est le tiers de la distance horizontale que j'applique transversalement sur les points 200 : 200 :, puis ayant pris la longueur de la corde de 150 dég. double de 75 qui est le complement de l'angle du plan de 15 dég., je la rapporte au long de la ligne des parties égales pour prendre la transversale sur les points où elle répond, à laquelle ajoûtant la corde de 30 dég. double du même angle du plan de 15 dég., j'ai

la

la corde de 98. 30′ dont la moitié est 49. 15′ & son complement à deux droits 130 45′. Et ajoûtant 15 dég. à l'un & à l'autre, j'ai 64. 15′. & 145. 45′ dont les moitiés 32. 7 ½′ & 72. 52 ½′ sont les angles de la position du mortier que l'on recherche.

Trouver l'élévation de la piéce quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.

L'application du mortier avec le compas de proportion est la même que celle que nous venons d'enseigner: mais si au lieu de tenir le bras extérieur parallele à l'horizon, l'on vouloit découvrir l'objet au long du même bras en y mettant des pinules; il faudroit en ce cas diminuer l'angle trouvé de la grandeur de celui du Plan, & ayant ouvert le compas de la capacité du reste, hausser le mortier jusqu'à ce que l'on découvre au long des pinules le point où l'on veut fraper. Comme en nôtre exemple ôtant 15 dég. de 32. 7 ½′ & de 72. 52 ½′; l'on auroit 17. 7 ½′ & 57. 52 ½′, dont il faudroit apliquer la corde transversale aux points 60: 60: des mêmes cordes, & tenant ainsi le compas ouvert, mettre un de ses bras

LIV. V. CHAP. IV.

parallele à l'ame du mortier, qu'il faut en-suite élever jusqu'à ce que, par les pinules posées au long de l'autre bras, l'on puisse voir l'objet élevé où l'on veut faire porter la bombe.

CHAPITRE IV.

Trouver l'élévation de la piéce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.

CHAP. IV. Trouver l'élévation de la piéce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.

SI sur les mêmes hypothéses le plan avoit été incliné sous le niveau de la batterie; après avoir ouvert le compas de proportion en-sorte que la longueur de 103 ⅓ p., qui est le tiers de la distance horizontale, soit la transversale sur la ligne de parties égales des points 200 : 200 : qui sont le tiers de la plus grande portée, & appliqué sur le même côté la corde de 150 dégrez double de 75, qui est le complement de l'angle du plan de 15 dégrez; il faut ôter de la transversale la longueur de la corde de 30 dégrez double du même angle du plan; & le reste est la corde de 28, 50'; d'où ayant ôté

15 dé-

15 dégrez, le reste est l'angle de 13. 50′ & son complement à deux droits 166. 10′; puis prenant la différence de l'un & de l'autre & de 15 dégrez; c'est-à-dire ôtant 13. 50′ de 15 dég.; ou 15 dég. de 166. 10′, il reste 1. 10′ & 151. 10′, dont les moitiés 35′ & 73. 35′ sont les angles recherchez. De sorte qu'ouvrant le compas de la grandeur de ces angles, & disposant le mortier en-sorte que l'un des bras convenant à l'ame, l'autre soit parallele à l'horizon; la bombe ira fraper au point proposé.

LIV. V. CHAP. IV.

Trouver l'élévation de la piéce quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.

Si ajoûtant l'angle du plan qui est de 15 dég. à chacun de ces angles, qui vous donneront par conséquent 15. 45′ & 80. 35′, vous ouvrez vôtre compas de leur grandeur; vous pourrez êlever le mortier de maniére que l'un des bras convenant à l'ame, vous découvriez le point abaissé sous le niveau des batteries où vous voulez fraper, par les pinules posées au long de l'autre bras.

CHA-

LIV. V. CHAP. V.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

CHAPITRE V.

Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

LOrs-que connoissant l'angle du plan & celui de la position du mortier, l'on veut savoir quelle est la distance horizontale ? ou la longueur du plan incliné ? ou la hauteur perpendiculaire à laquelle la bombe arrivera ? supposé que la plus grande portée soit de 600 to. : voici comme il faut faire.

Otez l'angle du plan du double de celui de l'élévation du mortier, puis ayant pris la corde du double du reste ou de son complement à deux droits (si ce reste, excéde un angle droit,) ôtez en la corde du double de l'angle du plan. En-suite appliquez ce reste transversalement sur les parties égales aux points où se termine la corde du double du complement de l'angle du plan ; car le compas êtant ainsi ouvert, la transversale sur les parties

égales

égales répondant aux points de la plus grande portée ou de quelqu'une de ses parties, vous donnera la distance horizontale, ou telle autre de ses parties semblable à celle que l'on a prise pour la plus grande portée.

LIV. V. CHAP. V.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

En-suite si vous appliquez transversalement la corde du double de l'angle du plan sur les points des parties égales où répond la longueur de la corde du double de son complement; la transversale répondant à la distance horizontale que vous avez trouvée vous donnera la hauteur perpendiculaire.

Enfin appliquant transversalement la corde du double de l'angle droit, c'est-à-dire celle de 180 dég. sur les mêmes points des parties égales où répond celle du double du complement de l'angle du plan; la transversale de la même distance horizontale sera l'étenduë sur le plan incliné.

Comme dans nôtre exemple où l'angle de l'inclination du plan sur l'horizon est de 15 dég. & la plus grande portée

LIV. V. CHAP. V.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

tée de 600 to : si l'on demande quelle sera la distance horizontale lorsque le mortier est êlevé de 72, 52½? j'ôte les 15 dég. de l'angle du plan, de 145. 45′ double de 72. 52½′. Et le reste est 130 45′ : qui est plus grand qu'un droit ; ainsi je prens son complement à deux droits 49. 15′, dont le double est 98. 30′, duquel je prens la corde sur le compas, d'où ôtant celle de 30 dég. double de l'angle du plan ; j'applique le reste transversalement sur les parties égales aux points où répond la corde de 150 dég. double de 75 dég. qui est le complement du même angle du plan ; & le compas étant ainsi ouvert je prens la transversale des points 200 : 200 : laquelle me vient de la longueur de 103⅓ parties. De sorte que comme le nombre 200 est le tiers des 600 to. de la plus grande portée, ainsi je trouve que le triple de 103⅓, c'est-à-dire 310 to., est l'étenduë horizontale que je demande.

Cela posé : je prens la corde de 30

LIV. V. CHAP. V.

Trouver la diſtance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

30 dég double de l'angle du plan, & l'ayant appliquée tranſverſalement ſur les parties égales aux points où répond la corde de 150 dég double de 75, qui eſt le complement du même angle du plan; je prens ſur le compas ainſi ouvert, la tranſverſale des points trouvés 103$\frac{1}{3}$ 103$\frac{1}{3}$: de la diſtance horizontale, & l'étendant ſur les mêmes parties égales, je trouve 27$\frac{1}{3}$ p., dont le triple eſt 83 to. pour la hauteur perpendiculaire recherchée.

En la même maniére ouvrant le compas par l'application de la corde de 180 dég. double de l'angle droit, ſur les mêmes points des parties égales où répond celle de 150 dégrez double du complement de l'angle du plan, & prenant la tranſverſale des mêmes points trouvez de la diſtance horizontale 103$\frac{1}{3}$: 103$\frac{1}{3}$:; je trouve 106$\frac{1}{3}$ dont le triple 320 to. me donne l'êtenduë du plan incliné.

LIVRE

LIVRE SIXIE'ME.

LIV. VI. Autre instrument Universel pour le jet des Bombes.

Autre instrument Universel pour le jet des Bombes.

NOus ajoûterons ici la construction & l'usage d'un instrument que l'on peut appeller Universel pour le jet des Bombes, parce qu'il sert en la même maniére pour toutes sortes de positions, soit qu'elles soient au niveau des Batteries, ou qu'elles n'y soient pas.

CHAPITRE PREMIER.

Construction d'un instrument Universel pour le jet des Bombes.

CHAP. I. Construction d'un instrument Univer-sel pour le jet des Bombes.

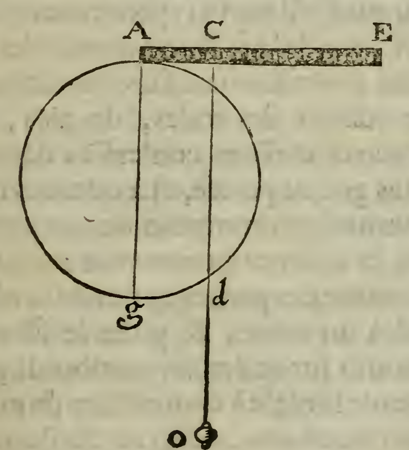
SA Construction est tres simple. C'est un cercle assez grand & d'une matiére solide, qui a une touchante de même matiére, c'est-à-dire une régle attachée immobile perpendiculairement au bout de l'un de ses diametres, égale au même & divisée en un tres-grand nombre de parties éga-

les

les. Il a deplus un plomb attaché à un filet qui peut couler librement au long de la régle & s'arrêter ſur toutes ſes diviſions. Comme en cette figure, le cercle eſt A dg & la régle A E attachée immobile au Cercle au point A, à angles droits ſur le diametre Ag, égale au même, & diviſée en un tres-

LIV. VI. CHAP. I.

Conſtruction d'un inſtrument Univerſel pour le jet des Bombes



grand nombre de parties égales. Le plomb O pent au filet qui coule au long de la régle AE, & peut s'arrêter ſur tous ſes points comme en C.

CHA-

LIV. VI. CHAP. II.

CHAPITRE II.

Usage d'un instrument Universel pour le jet des Bombes.

Usage d'un instrument Universel pour le jet des Bombes.

SOn usage est assez facile: car connoissant la plus grande portée du Canon ou du mortier, la distance horizontale, & l'angle de l'inclination du plan s'il y en a; pour trouver l'élévation de la piéce ou du mortier; il faut premiérement faire que comme le nombre des toises, des piés, ou d'autres mesures contenuës dans la plus grande portée, est à celui des mêmes mesures comprises dans la moitié de la distance horizontale: ainsi le nombre des parties égales de la régle est à un autre; & poser le filet du plomb sur ce dernier nombre de parties de la régle à commencer du point où elle est attachée au cercle. Puis disposant l'instrument en-sorte que la régle soit tournée vers le but où l'on veut faire passer le boulet ou la bombe; le filet du plomb touchera ou coupera la Circonférence du cercle en

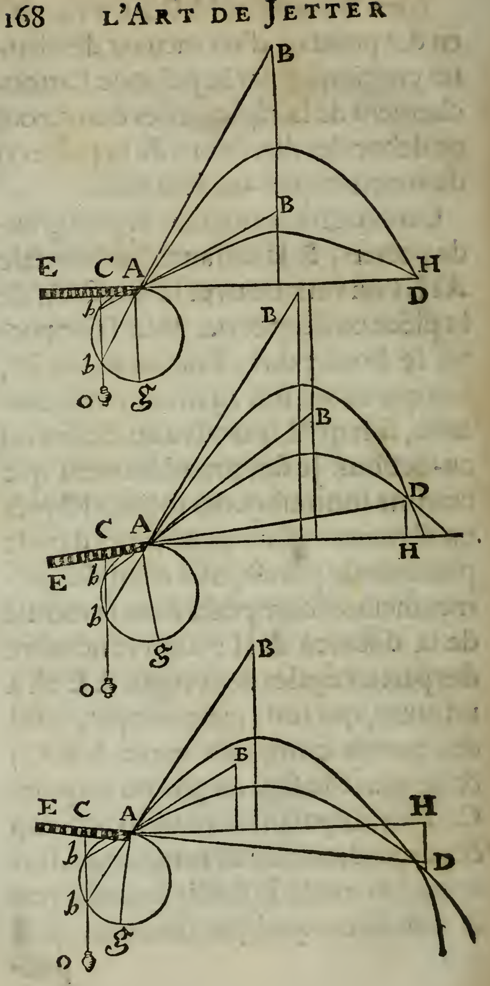
en des points, d'où menant des droites continuées par le point de l'attouchement de la régle, elles donneront en dehors les directions de la piéce ou du mortier que l'on demande.

Usage d'un instrument Universel pour le jet des Bombes.

Comme si connoissant la plus grande portée, & la distance horizontale AH, l'on veut trouver la direction de la piéce ou du mortier pour faire porter le boulet ou la Bombe au but D, soit que ce but soit au niveau de la batterie, soit qu'il se trouve au-dessus ou au-dessous. Je fais premiérement que comme le nombre des toises, des piés ou d'autres mesures, contenuës dans la plus grande portée, est à celui des mêmes mesures comprises dans la moitié de la distance A H: ainsi le nombre des parties égales de la régle A E est à un autre, qui soit, par exemple, celui des parties comprises entre A & C; & je place le filet du plomb au point C. Puis disposant le cercle de champ & perpendiculaire à l'horizon, en-sorte que la régle E A soit tournée vers le but D en quelque situation qu'il puis-

LIV. VI. CHAP. II.

Uſage d'un inſtrument Univerſel pour le jet des Bombes.



puisse être à l'égard du niveau de la batterie ; je prens garde aux endroits où le filet du plomb coupe la circonférence du cercle, comme aux points *b b*, (car il le touchera nécessairement en un point, où il le coupera en deux points, si le probleme est possible.) Après quoi je n'ai qu'à mener par le point A les droites *b* AB, *b* AB, & j'aurai les lignes AB, AB pour la direction du mortier ou de la piéce comme je le demande.

LIV. VI. CHAP. II. Usage d'un même instrument Universel. pour les jets des Bombes.

Je ne m'arrêterai pas à faire voir que l'on peut connoître la hauteur perpendiculaire du but H D, la longueur du plan incliné A D, & tous les autres cas qui accompagnent cette proposition, parce que cela est fort facile, si l'on a une fois bien compris la construction & l'usage de cét instrument, & ce qui s'est dit ci-devant sur cette matiére.

LIV.VI. CHAP. II. Autre uſage de cét inſtrument Univerſel.

CHAPITRE III.

Autre uſage de cét inſtrument Univerſel

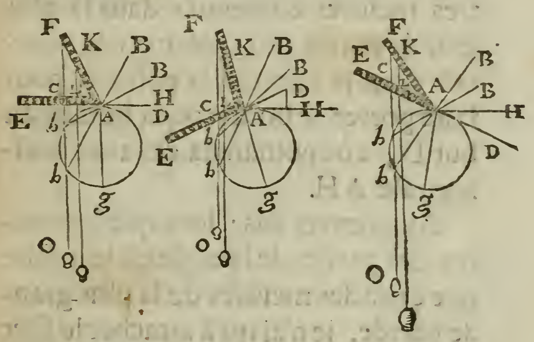
J'Ajoûterai ſeulement que ſi la régle étoit diviſée en un nombre de parties égales, qui fut ou égal au plus grand que celui des toiſes, des piés, ou d'autres meſures contenuës dans la plus grande portée d'une piéce de Canon ou d'un mortier; l'on pourroit donner plus de facilité à l'uſage de cét inſtrument en y ajoûtant une autre régle égale à la premiére, diviſée de même, & attachée au même point au bout du diametre du cercle, enſorte néanmoins qu'elle ſe puiſſe mouvoir & faire tel angle que l'on voudra avec la régle immobile: car par ce moïen l'on n'auroit pas beſoin de faire de Régle de Trois pour la pratique.

Il faudroit ſeulement, ſi le nombre des meſures de la plus grande portée étoit égal à celui des parties de la régle, attacher le filet au bout extérieur de la mobile; puis poſant l'inſtrument dans ſa ſituation, enſorte que le plan du

du cercle êtant à plomb, la régle immobile fut dreſſée vers le but, êlever la régle mobile juſqu'à ce que le filet du plomb vint à couper ſur l'immobile un nombre de ſes parties égal à celui des meſures contenuës dans la moitié de la diſtance horizontale.

LIV. IV. CHAP. II.

Autre uſage de cét inſtrument Univerſel.



Car ce même filet marqueroit ſur la circonférence du Cercle un, ou deux points, d'où menant des droites par le bout du diametre où les régles ſont attachées ; vous auriez en dehors les lignes de direction pour le Canon ou pour le mortier ainſi que vous le demandez.

Comme en cét exemple où j'ai

LIV. VI. CHAP. III.

Autre usage du même instrument Univerſel.

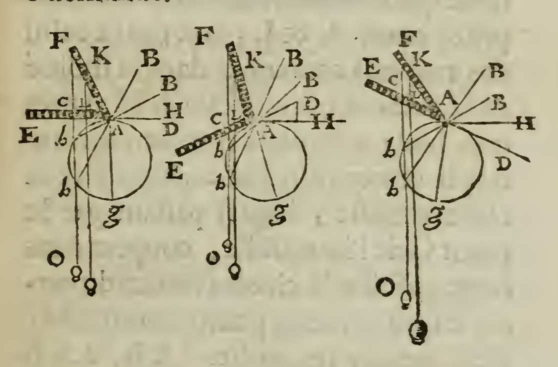
joint à la régle immobile AE au point A, une autre régle A F égale à AE, également diviſée, & mobile autour du même point A. Suppoſé que le nombre des parties égales de la régle A F ou A E ſoit égal ou plus grand que celui des toiſes, des piés ou d'autres meſures contenuës dans la plus grande portée de la piéce ou du mortier dont je cherche la poſition pour faire porter le boulet ou la bombe au but D, cônnoiſſant la diſtance horizontale A H.

Au premier cas: lors-que le nombre des parties de la régle eſt le même que celui des meſures de la plus grande portée, je n'ai qu'à attacher le filet du plomb au bout F de la régle mobile A F; & poſant le plan du cercle dans ſa ſituation perpendiculaire à l'horizon, en ſorte que la régle E A ſoit dreſſée vers le but D, j'éleve l'autre régle A F, juſqu'à ce que le filet du plomb paſſe comme en C, ſur un nombre de parties de la régle A E égal à celui des meſures de la moitié de la diſtance hori-

horizontale A H. Car ce filet coupera le cercle au deſſous en un ou deux points de ſa circonférence comme en *b b*; d'où menant les droites *b* AB, *b* A B ; elles donneront hors du cercle les lignes A B, A B, de la direction du Canon ou du mortier ainſi que l'on le demande.

LIV. VI. CHAP. III.

Autre uſage de cét inſtrument Univerſel.



Il n'y a pas plus de difficulté pour le ſecond cas : c'eſt-à dire lors-que le nombre des parties de la régle eſt plus grand que celui des meſures de la plus grande portée. Car il ne faut que prendre ſur la régle mobile depuis le point A autant de parties qu'il y a de meſures dans la plus grande portée,

LIV. VI. CHAP. III.

Autre usage du même instrument Universel.

& y attacher le filet comme au point K ; puis mettant l'instrument dans sa position perpendiculaire, avec sa régle E A dressée vers le but D, élever la régle A F jusqu'à ce que le filet du plomb passe du point K sur le point comme de la régle immobile A E, ensorte que le nombre de ses parties comprises entre A & L, soit égal à celui des mesures contenuës dans la moitié de la distance horizontale A H. Après quoi laissant les deux régles en cét état il faut remettre le filet au bout F de la régle mobile, lequel passant par le point C de l'immobile, coupera dans cette position la circonférence du cercle en un ou deux points comme *b b*, d'où menant les droites *b* A B, *b* A B par le point A ; l'on aura les lignes A B, AB, au dehors du cercle pour les lignes de direction de la piéce du Canon ou du mortier, ainsi que l'on le demande.

L'ART DE JETTER LES BOMBES,

Et de connoître l'étenduë des coups de volée d'un Canon en toutes ſortes d'élévations.

TROISIEME PARTIE.

De la Théorie du Jet des Bombes.

LIVRE PREMIER.

LIVR. I.

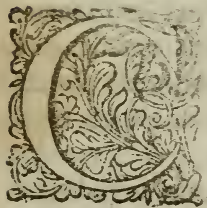
Doctrine de Galilée ſur le mouvement.

CHAPITRE PREMIER.

Dialogues Mecaniques de Galilée au mouvement & de la reſiſtance des ſolides.

CHAP. I.

Dialogues Mecaniques de Galilée du mouvement & de la réſiſtance des ſolides.



C'Eſt ſur la doctrine de Galilée que ſont fondées toutes les pratiques que nous venons d'enſeigner dans la ſeconde Partie de ce Livre. Il eſt le premier qui ait raiſonné juſtement ſur cette matiére, & qui ait dé-

LIVR. I. CHAP. I

Dialogues Mecaniques de Galilée du mouvement & de la résistance des solides.

découvert la véritable nature du mouvement, tant de celui que l'on appelle mouvement naturel qui eſt le propre des corps qui tombent (comme on dit) par leur propre poids vers le centre de la terre, que du mouvement violent, qui eſt celui de corps jettés, c'eſt-à-dire de ceux qui ſont portés par une force qui leur a été imprimée du dehors.

Toute cette *ſcience du mouvement*, auſſi bien que celle de la *réſiſtance des ſolides*, que cét Auteur appelle *Sciences nouvelles*, parce qu'il en eſt le premier Inventeur, eſt contenuë dans le livre de ſes Dialogues intitulé *Diſcorſi é dimonſtrazioni Mathematiche intorno à due nuove ſcienze attenenti alla mecanica & à' movimenti locali*, imprimé en Hollande par les Elzevirs en l'année 1638; & c'eſt à la généroſité de feu Monſieur le Comte de Noailles que nous avons l'obligation d'un préſent ſi exquis.

Ce Seigneur étant Ambaſſadeur à Rome avoit employé efficacement ſes offices pour la libération de Galilée pri-

prisonnier de l'inquisition, pour avoir dans ses Dialogues du Systeme du monde, appuyé les raisons du mouvement de la Terre que Copernique, qui vivoit sur la fin du penultiéme siécle, avoit tirées de la doctrine des anciens Philosophes de la secte de Pythagore. Et Galilé pour reconnoissance d'un bienfait si généreux, lui fit présent de cét ouvrage manuscrit; que nous tenons par ce moïen de la libéralité de Monsr. de Noailles qui a voulu faire part de son trésor au public.

LIV. I. CHAP. I.

Dialogues mecaniques de Galilée du mouvement & de la résistance des Solides.

CHAPITRE II.

Deux espéces de mouvement.

GAlilée dans ce livre reconnoît d'abord deux espéces dans le mouvement, dont l'une est celle du mouvement *égal & uniforme*, & l'autre est celle *du mouvement inégal* qui s'augmente incessamment & qu'il appelle mouvement *uniformement accéléré*, qui est un mot dont nous nous servirons, quoi qu'il soit peu en usage; parce qu'il explique assez la nature de ce mouvement.

CHAP. II.

Deux espéces de mouvement.

LIV. I. CHAP. II.

Deux espéces de mouvement.

L'uniforme est donc celui *par lequel un mobile parcourt des espaces égaux dans des tems égaux*; & c'est, dit-il, celui qui est naturellement propre aux mobiles qui se meuvent en rond sur des centres, comme est celui des corps Celestes, qui n'est perpétuel que par son uniformité & par son égalité, laquelle conserve le mobile dans une unité de subsistance sans y apporter aucune altération; au-lieu que le mouvement inégal ne peut jamais être de longue durée, à cause des diverses mutations qu'il apporte sur la consistance du mobile par l'inégalité de ses impressions.

Je ne m'arrêterai point à raconter de quelle maniére il refute le sentiment de ceux qui ont crû que dans le mouvement uniformement accéléré, la vîtesse s'augmentoit à proportion des espaces que le mobile parcouroit dans sa chûte; & comme il fait voir qu'outre la vîtesse & l'espace, il faut encore nécessairement faire considération du tems & de la durée, pour avoir une

ne connoissance exacte de cette espéce de mouvement. Je me contenterai d'expliquer les deux pensées qui lui sont venuës sur ce sujet, dont la premiére est décrite dans ses Dialogues du Systeme du monde, & l'autre qui paroit être son véritable sentiment, est expliquée fort au long dans ses Dialogues de Mecanique.

LIV. I. CHAP. II. Deux espéces de mouvement.

CHAPITRE III.

Premiére pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîtesse du mouvement acceléré.

DAns la premiére il dit donc que l'accélération de vîtesse dans la chûte des corps, se faisoit peut-être, de telle sorte *que les espaces parcourus par le mobile, étoient égaux aux sinus verses des arcs de l'Equateur de la Terre, pendant qu'elle se mouvoit sur son propre centre en 24 heures.* Ce que l'on peut faire entendre en cette maniére.

CHAP. III. Premiére pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîtesse du mouvement acceleré.

Soient pris sur l'arc de l'Equateur

LIV. I. CHAP. III.

Premiére pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîtesse du mouvement accéleré.

ADBY coupé à angles droits par les diametres A B : D Y, tant d'arcs ue l'on voudra comme AE : AF : AG : &c., dont les sinus droits, c'est à-dire les perpendiculaires tirées de leurs extrémitez

sur le diametre A B, sont E H : F I : G K : &c., & les sinus verses sont les portions du même diametre H : A I : A K. Puis ayant supposé que le point Z, qui part du point A sur le même Equateur, soit porté d'un mouvement égal & uniforme par les points E F G D T B Y jusqu'à ce qu'il retourne au même point A au bout de 24 heures : & qu'au moment que Z part du point A, le mo-

mobile tombe auſſi du même point pour deſcendre avec une vîteſſe uniformement accélérée vers le centre C. Le mobile, ſuivant cette premiére opinion, parcourra dans ſa chûte les eſpaces A H : H I : I K. &c :, au même tems que le point Z paſſera de ſon mouvement journalier égal & uniforme par les arcs de l'Equateur A E : E F : F G.

LIV. I. CHAP. III. Premiere penſée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîteſſe au mouvement accéléré.

CHAPITRE IV.

Suites admirables de la premiére penſée de Galilee.

LEs conſéquences que l'on peut tirer de ce ſentiment ſont admirables dont voici les principales.

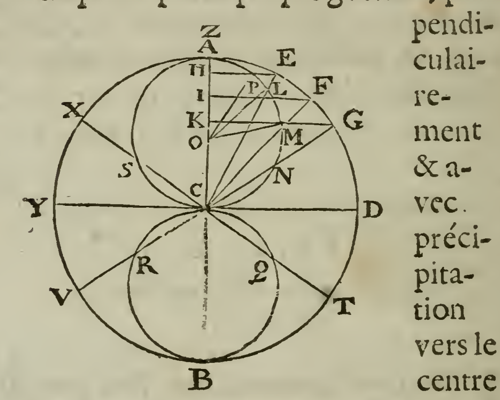
CHAP. IV. Suites admirables de la premiére penſée de Galilée.

Premiérement que le mouvement de ce corps tombant, composé de celui de ſa chûte qui eſt uniformement accéléré, droit & à plomb vers le centre de la terre, & de celui qui lui eſt communiqué par le mouvement

LIV. I. CHAP. IV.

Suites admirables de la premiére pensée de Galilée.

journalier de la terre qui eſt circulaire, uniforme & égal, décrit auſſi une ligne circulaire. C'eſt-à-dire que le poids tombant du point A avec un mouvement composé de celui qui l'emporte par ſa propre gravité, perpendiculairement & avec précipitation vers le centre



de la terre C : & de celui qui l'emporte en rond & uniformement par le mouvement journalier de la ſurface de la Terre du point A par les points E : F : G : D : &c. décrira par ſa chûte la ligne circulaire ALM N.

Car (comme il eſt démontré dans la Géometrie) les ſinus verſes A H : A I : A K : étant égaux aux lignes E

L :

L : F M : G N :, le corps mobile dans le tems qu'il eſt emporté par le mouvement de la Terre au long des arcs A E : A F : A G : deſcend par l'impreſſion de ſa gravité au long des lignes E L : F M : G N ; & lors-que le mobile Z eſt en E, le mobile tombant eſt en L ; & lors-que Z eſt en F, l'autre eſt en M : & Z êtant en G, le corps tombant eſt en N : & ainſi des autres. Mais tous ces points A L M N ſont dans la circonférence d'un cercle ; & partant la ligne que décrit un poids par ſa chûte, ſuivant cette hypothéſe, eſt circulaire.

LIV. II. CHAP. VI.

Suites admirables de la premiére penſée de Galilée.

En ſecond lieu. Quoi que le corps qui tombe acquiére, en chacun des momens de ſa chûte ou de ſon mouvement droit, un nouveau dégré d'augmentation de vîteſſe : il eſt pourtant vrai que dans ſon mouvement compoſé, dont nous venons de parler, il eſt porté uniformement, également, & ſans aucune accélération. L'on peut dire de plus que ce mouvement de Lation ou de tranſport eſt préciſément égal à celui dont il ſeroit porté par la

LIV. I. CHAP. IV.

Suites admirables de la premiére pensée de Galilée.

ſeule circulation journaliére de la terre, quand il ſeroit demeuré comme en repos au premier point de ſa chûte A.

Car ſi vous menez du point O, où eſt le centre du cercle ALMN, les lignes OL.OM:& la droite OP: parallele à CE. La raiſon des angles AOL & AOM ſera la même que celle des angles ACE & ACF, (car ceux-là ſont doubles de ceux-ci; (& partant la raiſon de l'arc AM à l'arc AL ſera la même que de l'arc A F à l'arc A E & en diviſant l'arc A E ſera à E F comme l'arc AL à L M. d'où il s'enſuit que poſant A E égal à EF: AL ſera auſſi égal à L M. Mais les arcs A E & E F ſont parcourus en tems égaux par le mouvement journalier pendant leſquels le poids tombant paſſe les arcs AL & LM, ainſi que nous l'avons démontré ci-devant: donc les tems des chûtes du poids par les arcs égaux AL & LM ſeront égaux. Et ceci ſe pouvant démontrer dans tous les arcs du cercle ALM décrit par la chûte du mobile; l'on peut dire que le mouvement du

mo-

mobile tombant, composé du droit accéléré & du circulaire uniforme, est égal & uniforme, puis-qu'il parcourt des Arcs égaux en tems égaux.

LIV. I. CHAP. IV.

Suites admirables de la premiére pensée de Galilée.

Maintenant comme O P est parallele à CE, l'angle AOP est égal à A C E, & partant l'arc A P est au cercle A LM, comme l'arc AE au cercle AEF. & en permutant & changeant l'arc A E est à l'arc AP, comme la circonférence du cercle AEF à la circonférence du cercle ALM, c'est-à-dire comme le diametre AB au diametre AC, mais AB est double de AC; donc l'arc AE sera double de l'arc AP. Maintenant parce que l'angle A O L est double de l'angle ACE, ou de son égal A OP, l'arc AL sera aussi double de l'arc AP; donc les arcs AE & AL seront égaux. Mais nous venons de montrer que le mobile en tombant décrit par sa chûte l'arc A L au même tems que le point Z, c'est-à-dire le même mobile demeurant comme en repos, seroit porté du mouvement journalier de la Terre au long de l'arc AE; donc

le

LIV. I. CHAP. IV.

Suites admirables de la premiére pensée de Galilée.

le mobile en tombant eſt réellement porté d'un mouvement égal à celui qui lui ſeroit communiqué par le ſeul mouvement de la Terre, s'il ne reſſentoit aucune impreſſion ni de ſa propre gravité ni de ſa chûte.

Enfin ſi vous ſuppoſés qu'il y ait un paſſage libre & perpendiculaire, par lequel le mobile en tombant de la ſurface de la Terre, puiſſe aller juſqu'au centre; & delà juſqu'à la ſurface oppoſée; il arrivera par cette hypothéſe, que ce mobile tombant, en quelque point du diametre de la Terre que ſa chûte commence, (comme ſur ſa ſurface au point A, emploïera préciſément ſix heures de tems à arriver au centre; d'où il paſſera en remontant vers l'autre part en ſix autres heures, juſqu'à la ſurface oppoſée en B; & de là retombant une autre fois, il ſera encore ſix heures à retourner au centre; & ſix autres heures à remonter au lieu d'où il êtoit premiérement parti. Deſorte qu'il parcourra deux fois le diamettre de la Terre tant en allant qu'en reve-

revenant précisément en vint quatre heures.

LIV. I. CHAP. IV.

Suites admirables de la pensée de Galilée.

Car ce mobile en tombant du point A, n'arrivera point au centre C, que le point Z, partant au même tems du même point A, ne soit arrivé par le mouvement de l'Equateur en D; après avoir parcouru le quart du même Equateur AD, c'est-à-dire au bout de six heures: & comme les dégrez de vîtesse acquise au point C, diminuënt en montant vers la surface opposée en B, en la même proportion inverse de celle par laquelle ils s'étoient augmentez en descendant de A vers C, ensorte que les espaces soient toûjours comme les sinus verses de l'Equateur, l'on pourra démontrer par un raisonnement pareil à celui dont nous nous sommes servis, que le mobile montant de C en B avec un mouvement composé du droit uniformement diminué & d'un circulaire uniforme & égal, décrira la circonférence du cercle CQB, & qu'il sera en Q lorsque Z sera en T, & n'arrivera point

en

LIV. I. CHAP. IV.

Suites admirables de la premiére pensée de Galilée.

en B, que lors-que Z aura parcouru l'autre quart de l'Equateur D T B, c'est-à-dire au bout de six heures. Ainsi le mobile tombant du point B en C, décrira la circonférence B R C dans le même tems que Z partant de B parcourra le quart de l'Equateur B V Y. Et enfin le même mobile remontant de C en A, décrira la circonférence C S A pendant que le point Z passera en six heures le dernier quart de l'Equateur Y X A.

Et de cette maniére un mobile parcourroit deux fois en un jour le diametre entier de la Terre en allant & en revenant. Cette réciprocation journaliére d'allées & de retours dureroit éternellement, (par ce principe de mécanique, qu'une vertu une fois imprimée dans un corps y demeure d'elle même perpétuellement sans en sortir jamais, à moins qu'elle ne soit chassée par quelque cause externe ;) si la résistance du dehors ne l'arrêtoit, & particuliérement celle de l'air ; qui diminuant insensiblement la vîtesse

de

de la chûte du mobile, la réduiroit à la fin au mouvement égal ou au néant, & le feroit arrêter au centre, où il demeureroit en repos.

LIV. I. CHAP. IV. Suites admirables de la premiére pensée de Galilée.

Au reste il paroît que cette supposition bannit de la Nature toutes sortes de mouvemens par ligne droite.

CHAPITRE V.

Seconde pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîtesse au mouvement accéléré.

CHAP. V. Seconde pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîtesse au mouvement accéléré.

VOici maintenant l'autre maniére par laquelle Galilée explique la nature de cette augmentation de vîtesse dans les corps qui tombent vers le centre de la terre. Il dit donc que le mouvement uniformement accéleré est celui *dans lequel le mobile acquiert en chacun des momens égaux de sa chûte, des dégrez égaux de vîtesse.* C'est-à-dire que la vîtesse du mobile au second tems, supposant que tout le tems de sa chûte soit divisé en parties égales,) est double de celle qu'il

Seconde pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vîtesse au mouvement accéléré.

avoit au premier tems; celle du troisiéme tems triple de celle du premier, celle du quatriéme quadruple du même, & ainsi des autres.

Delà vient que les espaces parcourus, êtant en raison composée de celles des tems & des vîtesses, sont en raison doublée, ou comme les quarrez, des uns ou des autres. C'est-à dire que l'espace parcouru en deux tems à commencer toûjours du premier point de sa chûte, est quadruple de l'espace qui a êté passé dans le premier tems; l'espace parcouru en trois tems sera neuf fois plus grand que l'espace passé dans le premier; l'espace en quatre tems sera à celui du premier comme 16 à 1. Et ainsi du reste, selon la suite des premiers quarrez.

Ce qui fait que les espaces parcourus dans des tems égaux sont entr'eux dans la suite des premiers nombres impairs, 1:3:5:7:9:11:&c. qui sont les différences des premiers quarrez. Comme si l'espace parcouru dans le premier tems de la chûte est 1, l'espace

pas-

passé dans le deuxiéme sera 3 ou triple du premier : & l'espace du troisiéme tems sera 5 ;au quatriéme moment l'espace aura 7 :au cinquiéme 9:& ainsi des autres à l'infini. LIV. I. CHAP. V.

CHAPITRE VI.

Explication de la meme pensée.

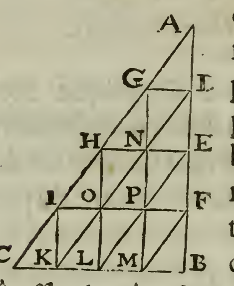
CEtte doctrine s'explique bien par le moïen d'un triangle, comme A B C dont il faut couper un des côtez comme AB, en autant de parties égales que l'on veut comme AD : D E : E F : F B ; puis de chacun des points de division D : E : F :, l'on méne deux lignes paralleles aux deux autres côtez du triangle comme DG, DK : EH, EL : FI, FM : & enfin les droites G M : H L : I K : paralleles à A B, qui passeront nécessairement par les points N : O : P : où les autres lignes se coupent. Par cette intersection de lignes il se fait un bon nombre de triangles égaux & semblables tant entr'eux qu'au grand Triangle. Ceci

CHAP. VI. Explication de la mê-me pensée.

LIV. I. CHAP. VI.

Explication de la même pensée.

Ceci posé: l'on prend toute la ligne AB pour la mesure du tems de la chûte d'un corps, & chacune des parties AD : DE: EF : FB: pour des momens égaux. Puis l'on prend la droite G D pour la mesure du premier dégré de vîtesse aquise par le corps tombant



dans le premier moment AD. Et puis-que, par l'hypothése, le mobile à chacun des momens égaux de tems acquiert des dégrez égaux de vîtesse, la vîtesse au second moment pourra être déterminée par la ligne E H dans laquelle la ligne NH égale à G D est ajoûtée à la même G D ou à son égale E N, & la vîtesse du 3me moment par la droite F I; dans laquelle OI égale à GD, est ajoûtée à OF égale à EH; ainsi la vîtesse du quatriéme moment, sera entenduë par la ligne BC où la droite KC égale à GD, est ajoûtée à BK égale à la précédente IF, & ainsi des autres

Main-

Explication de la même pensée.

Maintenant comme l'on entend que les vîtesses & les tems croissent continuellement en même proportion depuis le point de la chûte A; les produits de la composition des uns & des autres, qui sont les espaces parcourus par le mobile, s'expliqueront bien par les triangles; en-sorte que l'espace passé dans le premier moment A D avec un dégré de vîtesse D G soit le trian-ADG; & l'espace passé dans le second moment D E avec deux dégrez de vîtesse EH soit le trapeze GDEH; & l'espace du troisiéme E F avec les trois dégrez de vîtesse F I soit le trapeze E H I F; & enfin l'espace du quatriéme moment FB avec les quatre dégrez de vîtesse B C soit le trapeze B C I F.

Car il y a trois triangles dans le trapeze GDEH égaux & semblables au premier triangle ADG, cinq triangles dans le trapeze HEFI, & sept dans le trapeze B C I F. En la même maniére que l'espace du premier moment êtant 1, celui du second est 3, celui du 3me est 5, celui du quatriéme est 7; & ainsi

LIV. I. CHAP. VI.

Explication de la même pensée.

des autres. C'est-à-dire que ces triangles, aussi-bien que les espaces, sont entr'eux dans la suite des premiers nombres impairs 1 : 3 : 7 : 9 : 11. &c.

D'où l'on peut conoître pour quelle raison Galilée appelle le mouvement uniformement accéléré, *celui qui partant du point du repos, acquiert en tous les momens égaux de tems, des dégrez égaux de vîtesse.*

CHAPITRE VII.

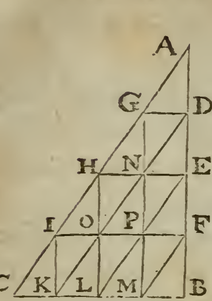
Proprietez du mouvement accéléré.

CHAP. VII.

Proprietés du mouvement accélére.

CE mouvement sur cette hypothése a des proprietez admirables, dont voici les principales.

1. Si un mobile est porté d'un mouvement égal & uniforme avec un dégré de vîtesse égal à celui qu'il auroit aquis par le mouvement accéléré tombant d'une certaine hauteur en un certain tems ; il parcourra dans un tems égal, un espace double de celui qu'il avoit passé en tombant depuis le commencement de sa chû-



te. Car l'espace DGNE que le mobile passeroit d'un mouvement égal & uniforme dans le moment DE, avec le dégré de vîtesse GD, est double de l'espace ADG qu'il a passé dans un moment égal, d'un mouvement accéléré depuis le point de sa chûte A.

LIV. I. CHAP. VII. Proprietés du mouvement accéléré.

2. Un mobile porté sur des plans diversement inclinés, acquiert un même dégré de vîtesse par tout où il y a même hauteur perpendiculaire.

3. Les tems qu'un mobile employe à passer sur des plans égaux & diversement inclinés, & qui ont même hauteur perpendiculaire, sont entr'eux comme les longueurs des mêmes plans.

4. Les tems qu'un mobile employe à passer sur des plans égaux & diversement inclinez, sont entr'eux en raison sous doublée & reciproque de

LIV.I. CHAP. VII.

Proprietés du mouvement accéléré.

la hauteur perpendiculaire des mêmes plans.

5. Dans un cercle élevé à plomb, un mobile est autant de tems à passer par le quart de cercle que par aucun de ses arcs moindres que le quart.

6. Un mobile passera sur les plans posez suivant les cordes de tous les arcs du cercle qui commencent ou finissent à l'un des bouts du diametre perpendiculaire, dans le même tems qu'il parcourra le même diametre.

7. Le tems du mouvement du mobile au long de l'arc, est moindre que celui du mouvement du même mobile au long de la corde du même arc, quoi que l'arc soit plus grand que sa corde; &c.

CHAP. VIII.

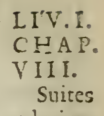
Suites admirable des proprietés du mouvement.

CHAPITRE VIII.

Suites admirables des proprietés du mouvement

AU reste quoi que le mouvement égal & uniforme, & celui qui est uniformement accéléré soient d'une

ne nature si différente : l'on voit néanmoins naître d'eux les mêmes cercles & les mêmes sphéres. Car si l'on


LIV. I. CHAP. VIII.

Suites admirables des propriétés du mouvement.



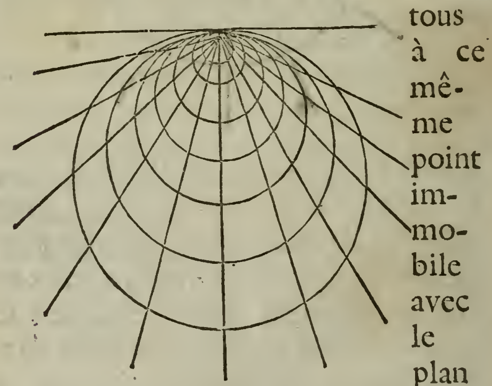
suppose une infinité de lignes droites se coupant toutes en un même point s'étendre de toutes parts, sur lesquelles des mobiles partant du même point en même moment soient entendus se mouvoir tous d'un mouvement égal & uniforme; ces mobiles se trouveront toûjours dans la circonférence de mêmes cercles qui peuvent être décrits & plus grans & plus grans à l'infini, autour de ce même point comme d'un

LIV. I. CHAP. VIII.

centre ; & dont ces mêmes lignes droites ſeront les demi-diametres.

Suites admirables des proprietez du mouvement.

Mais ſi vous entendez que des mobiles, tombant en même moment du même point, ſoient portés vers le centre avec un mouvement uniformement acceléré au long des mêmes lignes ; ces mobiles ſe trouveront toûjours dans la circonférence des mêmes cercles & plus grans & plus grans à l'infini, qui ſe toucheront tous à ce même point immobile avec le plan



horizontal, que l'on y fera paſſer ; & ces droites ſeront les cordes des arcs de ces cercles

Au reſte comme il eſt difficile de com-

Suites admirables des propriétés du mouvement.

comprendre qu'un mobile puiſſe d'abord acquérir un dégré de vîteſſe déterminé, ſans avoir paſſé par tous les dégrez précédens de moindre vélocité; on peut ici juger pour quelle raiſon les Anciens ont été perſuadez que les ſentimens de Platon avoient quelque choſe de divin. Car ce Philoſophe dit ſur ce ſujet que Dieu ayant, peut-être, créé les Aſtres dans un même lieu de repos, les avoit laiſſé dans la liberté de ſe mouvoir en ligne droite & vers un même point, à la maniére des choſes péſantes qui ſont portées vers le centre de la terre, juſqu'à ce qu'ayant dans leur chûte paſſé par tous les dégrez de vîteſſe, ils euſſent acquis celui qui leur êtoit deſtiné, après quoi il avoit converti ce mouvement droit & accéléré en mouvement circulaire pour le rendre égal & uniforme, afin qu'ils pûſſent le conſerver éternellement.

Ce qu'il y a de plus admirable dans cette penſée, c'eſt que les proportions qui ſe trouvent entre les diſtan-

LIV. I. CHAP. VIII. Suites admirables des proprietés du mouvement.

ces des Aſtres & les différences de la vîteſſe de leurs mouvements, ſe trouvent aſſez conformes aux ſuites de ce raiſonnement; & qu'il ne ſeroit, peut-être, pas abſolument impoſſible de déterminer la ſituation de ce premier lieu de repos, d'où ils auroient tous commencé de ſe mouvoir.

CHAPITRE IX.

Raiſonnement ſur les deux penſees de Galilée.

CHAP. IX. Raiſonnement ſur les deux penſées de Galilée.

VOilà donc en peu de diſcours les deux opinions rapportées par Galilée pour expliquer la nature du mouvement des corps qui tombent, leſquelles ſont fondées ſur des raiſons aſſés également probables, & marchent ſur des proportions ſi prochaines, qu'il eſt preſqu'impoſſible à l'eſprit humain de les diſcerner par l'expérience, ou de les convaincre de faux dans les hauteurs qui ſont à nôtre connoiſſance.

Ce qui ſe confirme par la proximité des nombres dont on meſure les eſpaces

ces qui se parcourent en l'une & en l'autre de ces hypothéses dans les mêmes tems. Car si l'on suppose qu'il se fasse un espace au premier moment ; il s'en fera 3 moins $\frac{1}{12}$ au second dans la premiére supposition, & seulement 3 dans la derniére ; au troisiéme moment il se parcourta 5 moins $\frac{1}{6}$ dans la premiére, & 5 dans l'autre ; au quatriéme l'espace sera 7 moins $\frac{1}{4}$ dans l'une, & 7 dans l'autre ; au cinquiéme moment il sera 9 moins $\frac{1}{3}$ dans l'une, & 9 dans l'autre ; & ainsi consécutivement à l'infini. Où l'on voit que les différences sont si petites & si peu reconnoissables dans les plus grandes hauteurs où nous pouvons faire les expériences, qu'il est moralement impossible de juger avec certitude de la vérité ou de la fausseté de l'une ou de l'autre de ces deux opinions.

Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.

Il est vrai néanmoins que Galilée, après avoir parlé de la premiére dans ses Dialogues du Systeme du monde, d'une maniére à faire croire que ce fut son véritable sentiment, s'explique

LIV. I. CHAP. IX.

Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.

affirmativement ſur la derniére dans le livre du Mouvement qu'il a composé tout exprès pour ce ſujet ; où il aſſûre ſans balancer que cette hypothéſe eſt celle qu'il tient pour véritable & par la force de la raiſon & par la conformité de pluſieurs expériences.

LIVRE DEUXIE'ME.

LIV.II.

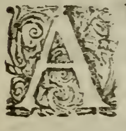
Théorie du mouvement de projection.

CHAPITRE PREMIER.

Espéces différentes du mouvement de projection.

CHAP. I.

Espéces différentes du mouvement de projection.



U reste il a falu dire la plûpart des choses que nous avons expliquées sur la nature du mouvement naturel qui convient aux corps pésants qui tombent vers le centre de la Terre, pour bien comprendre ce que nous allons remarquer sur la nature du mouvement violent, qui est le propre des *Corps jettez*, c'est-à-dire de ceux qui sont portés par l'impression d'une force qui leur est communiquée par une cause externe; & pour faire connoître quelle est la ligne que ces corps jettés décrivent dans l'air par leur passage?

Ce mouvement donc, que nous pouvons appeller *mouvement de Projection*, se fait perpendiculairement ou vers le haut ou vers le bas, ou bien ho-

LIV.II. CHAP. I.

rizontalement vers les côtez, ou enfin ſuivant quelque ligne de direction entre la perpendiculaire & l'horizontale.

CHAPITRE II.

Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.

CHAP. II. Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.

CElui qui ſe fait perpendiculairement vers le haut eſt continuellement arrêté ou retardé par la péſanteur du corps jetté, laquelle entrainant continuellement ce corps en bas, fait que ſon mouvement va toûjours en diminuant, & qu'il ne dure que tant que la force de l'impreſſion qui le porte en haut, & qu'il a de la cauſe qui l'a jetté, ſe trouve ſupérieure à celle de ſe porter vers le bas, qui lui vient de ſa gravité: car le corps jetté ceſſe de monter au moment que les deux impreſſions deviennent égales, & il commence à tomber auſſitôt que celle de la péſanteur commence à prévaloir ſur l'autre.

Où il faut remarquer que les eſpaces parcourus par le mobile jetté vers le haut, ſont en proportion récipro-

que

que de ceux qui ſont parcourus dans les mêmes tems par le mobile tombant. C'eſt-à-dire que les vîteſſes diminuënt en montant en la même proportion inverſe qu'elles augmentent en deſcendant; d'où il arrive que le même corps paſſe par les mêmes eſpaces dans des tems égaux en montant & en deſcendant.

LIV. II. CHAP. II.

Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.

Car ſi l'on entend que tout le tems qu'un mobile employe à monter, eſt diviſé en un certain nombre de parties égales, comme par exemple en cinq; il eſt conſtant que ſi l'eſpace qu'il parcourt au premier tems contient 9 meſures, celui du ſecond tems en contiendra 7, celui du troiſiéme 5, celui du quatriéme 3, & enfin l'eſpace parcouru au cinquiéme ou dernier tems, n'aura que 1 de ces meſures, juſqu'au moment où il ſe trouve en équilibre ſans monter ni deſcendre: & qu'auſſi-tôt qu'il deſcend, il parcourt par proportion inverſe les mêmes eſpaces dans les mêmes tems; c'eſt-à-dire qu'au premier tems il deſcend 1 meſu-

LIV. II. CHAP. II.

Mouvement perpendiculaire en haut, ou en bas.

re, au ſecond 3, au troiſiéme 5, au quatriéme 7, & enfin au cinquiéme ou dernier 9 : mettant par ce moyen autant de tems préciſément à deſcendre qu'il en a employé à monter.

Le mouvement de projection fait à plomb vers le bas, reçoit une nouvelle impreſſion de vîteſſe par l'augmentation de celle que le corps acquiert par ſa ſeule gravité en tombant.

L'une & l'autre de ces projections perpendiculaires, ſoit en haut ſoit en bas, comparée à nous, ſe fait toûjours par une ligne droite, à laquelle la péſanteur du corps jetté n'altére rien quant à la direction ; le changement qu'elle y apporte eſt ſeulement qu'elle accourcit la droite du mouvement vers le haut, & qu'elle allonge celle du mouvement vers le bas.

CHA-

CHAPITRE III.

Mouvement de projection horizontale.

LIV. II. CHAP. III. Mouvement de projection horizontale.

IL n'en eſt pas de même du mouvement des corps jettez horizontalement ou à côté ; car la péſanteur apporte beaucoup d'altération à la ligne de leur direction, laquelle ne peut pas demeurer droite ; au contraire elle devient courbe en changeant de route.

Et parce que nous ferons voir dans la ſuite, que cette courbe eſt une eſpéce de ligne réguliére, que les Géometres appellent *ligne Parabolique*, qui ſe fait ſur la ſurface d'un Cone coupé par un plan dont l'axe eſt parallel au côté du même Cone ; il eſt néceſſaire, avant que de paſſer outre, de donner ici quelque connoiſſance de cette ligne & de quelques unes de ſes proprietez qui ſont à nôtre ſujet.

CHA-

LIV. II. CHAP. IV.

Naiſſance & proprietez de la ligne parabolique.

CHAPITRE IV.

Naiſſance & proprietez de la ligne Parabolique.

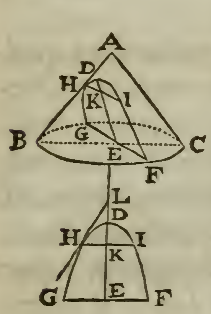
SOit donc un Cone BAC, qui a le point A pour ſommet & le cercle BGCF pour baſe, coupé premiérement par le ſommet A ſuivant le diametre de la baſe B C; il eſt conſtant qu'il naîtra de cette coupe le triangle A B C que l'on appelle *le triangle par l'axe du Cone.* Soit maintenant dans le plan de la baſe du Cone mené, de quelque point que ce ſoit, la droite F G coupant la diametre B C à angles droits, comme au point E; d'où la ligne E D ſoit élevée dans le plan du triangle par l'axe, parallele au côté AC, & rencontrant en D l'autre côté AD du même triangle; & ſoit entendu un plan mené par les droites DE : GF, il paroît que ce plan coupera le cone & qu'il tracera par cette ſection ſur ſa ſurface convexe, une ligne courbe GHDIF, qui eſt celle dont nous parlons, que les Anciens

ont

ont appellé *ligne parabolique*; & *Parabole* la figure compriſe entre cette ligne courbe & la ligne droite G F; dans laquelle parabole la ligne E D s'appelle *l'axe*, G F; la *baſe ou l'amplitude*, & les droites comme H K & K I paralleles à la baſe, s'appellent les *Ordonnées*.

LIV. II. CHAP. IV.

Naiſſance & proprietez de la ligne parabolique.



Les principales proprietez de cette figure, ſont que les portions de l'axe ſont entr'elles en raiſon doublée des ordonnées qui leur répondent. C'eſt-à-dire que la partie de l'axe E D eſt à la partie D K en raiſon doublée, ou comme le quarré de l'ordonnée G E au quarré de l'ordonnée H K. D'où vient que ſi G E eſt double de K H, la droite E D ſera quadruple de D K; & ſi G E eſt triple de K H, E D contiendra D K neuf fois, & ainſi des autres.

L'autre proprieté eſt celle-ci: continuant

LIV. II. CHAP. IV. Naiſſance & proprietez de la ligne parabolique.

tinuant l'axe E D, & prenant en dehors une portion comme D L, égale à D K; ſi vous joignez les points H & L par une droite HL, elle touchera la ligne parabolique au point H.

CHAPITRE V,

La ligne de la projection horizontale eſt parabolique.

CHAP. V. La ligne de la projection horizontale eſt parabolique.

CEci poſé : pour rechercher quelle eſt la ligne des corps jettez horizontalement ? Imaginons nous qu'une boule de matiére uniforme, tres dure & parfaitement ronde, eſt miſe ſur un plan parfaitement dur & uni, & également éloigné de toutes parts du centre de la Terre. Il eſt premiérement certain que la boule ne touchera le plan qu'en un ſeul point, qui ſera dans la droite venant du centre de la Terre à celui de la boule; & qu'elle demeurera en repos en cét état, dans lequel il n'y a point de raiſon qui la faſſe plûtôt mouvoir d'un côté que d'autre : car la matiére êtant égale & uniforme, les momens de pé-

pésanteur de ses parties autour du centre sont égaux.

LIV. II. CHAP. V.

Mais si elle reçoit impression de quelque cause externe, qui la détermine vers quelque endroit; il est encore vrai de dire que cette boule sera muë, parce que cette force imprimée à ôté l'equilibre de ces momens des parties qui sont autour de son centre: & que son mouvement sera perpétuel si l'on suppose qu'il n'ait aucun empêchement de dehors; parce-qu'il n'y a rien au dedans qui puisse arrêter ou changer cette direction de ses parties vers un endroit déterminé, laquelle lui a été une fois imprimée.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

De plus comme il est encore véritable qu'il n'y a rien de défini dans l'extension ou grandeur de cette force d'impression qui a été communiquée à la boule; & que cette force a pû être plus grande & plus grande à l'infini: il est aussi constant que la vîtesse du mouvement de cette boule a pû être en la même maniére plus grande & plus grande à l'infini;

LIV. II. CHAP. V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

fini ; & qu'elle a pû persévérer toûjours dans un mouvement uniforme, avec ce dégré de vîtesse.

Et c'est ainsi que l'on peut expliquer avec apparence, l'uniformité, l'égalité, & la durée perpétuelle du mouvement des Corps celestes, qui, peut-être, ont reçû dans le tems de leur création cette impression de vîtesse déterminée qu'ils conservent toûjours également par leur mouvement circulaire, dans lequel ils ne trouvent aucun empêchement qui leur résiste.

Maintenant dans le tems que cette boule se meut suivant cette position, avec quelle vîtesse que ce soit, sur ce plan horizontal ; si nous concevons que ce plan qui la soûtient est ôté tout à coup, & que la boule soit laissée dans une entiére liberté de se mouvoir selon son inclination : il est vrai qu'elle continuera son premier mouvement suivant l'impression qu'elle avoit & vers la même part où elle alloit, lors-qu'elle se mouvoit sur le plan: mais qu'à l'arrivée d'une nouvel-

le

le impreſſion que ſa propre gravité lui communique & dont l'effet êtoit auparavant arrêté par le plan, elle ſera contrainte de ſe détourner de la droiture de ſa direction, & de s'abbaiſſer inſenſiblement dans la ſuite de ſon mouvement.

LIV. II. CHAP. V.

La ligne de la projection horizontale eſt parabolique.

Ainſi elle décrira dans ſon paſſage une ligne formée par ces deux mouvemens, dont l'un eſt égal & uniforme qui lui vient de la premiére impreſſion; c'eſt-à-dire de l'impulſion du corps qui l'a pouſſée; & l'autre eſt uniformement accéléré qui lui eſt communiqué par ſa propre péſanteur.

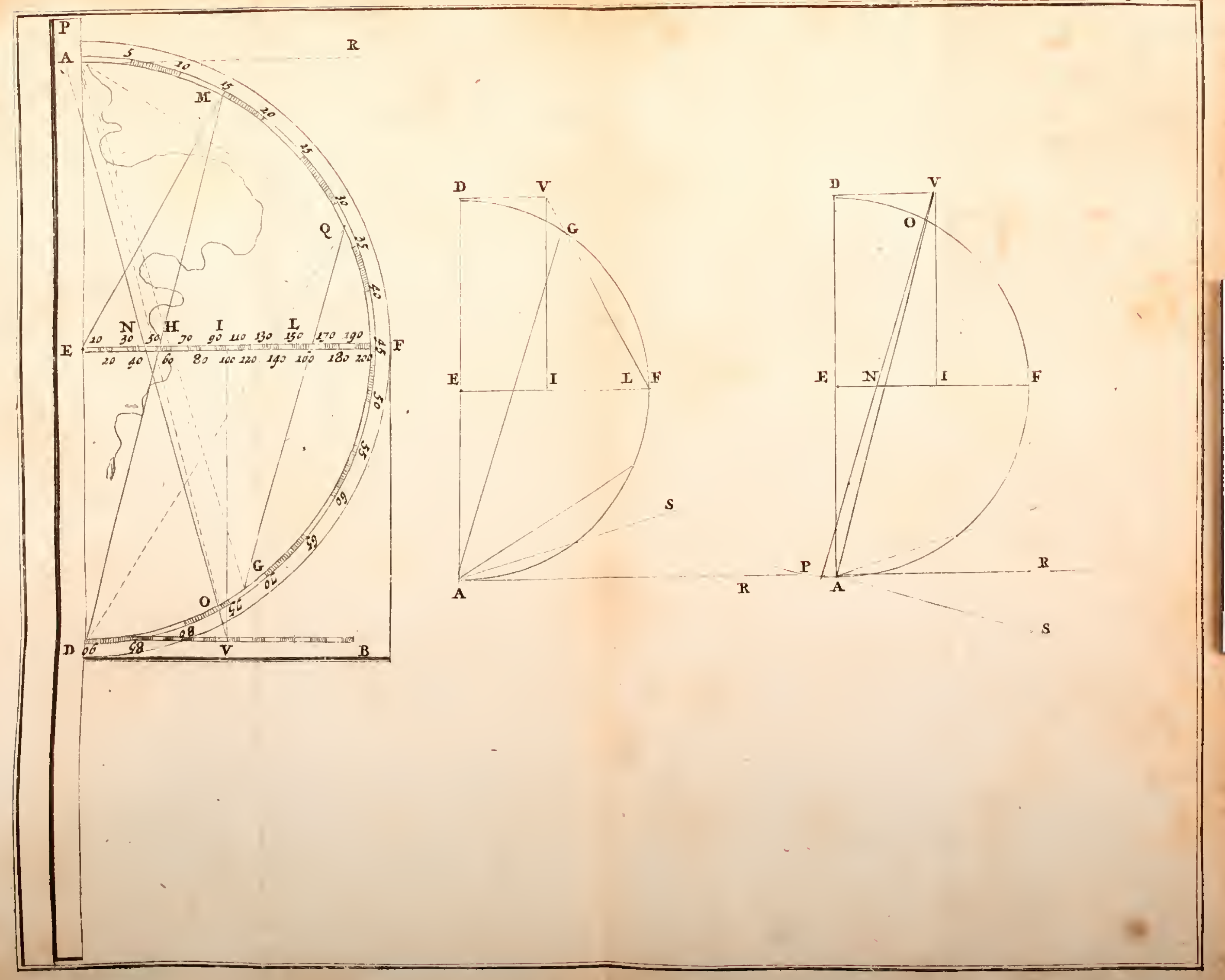
Et comme les eſpaces parcourus dans un mouvement égal ſont en même proportion que les tems, au lieu que ceux qui ſont parcourus dans un mouvement accéléré ſont en raiſon ſous doublée des mêmes tems; il naît de la compoſition de ces deux mouvemens la même proportion qui ſe rencontre, comme nous avons dit ci-devant, entre les portions de l'axe & les ordonnées de la Parabole, qui par con-

LIV. II. CHAP. V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

conséquent est la nature de la ligne courbe que cette boule décriroit dans son passage, ou tout autre mobile qui seroit jetté horizontalement.

Comme si nous comprenons que le corps qui a été jetté horizontalement suivant la ligne de direction A B, a parcouru dans le premier moment de tems l'espace A C par le mouvement égal de l'impulsion, & l'espace C F par le mouvement accéléré de sa pésanteur; il est constant que dans le second moment, il parcourra l'espace C D égal au premier AC par le mouvement égal, & l'espace O G triple de C F par l'accéléré; & que la toute D G ou A L sera quadruple de C F ou A K. Ainsi dans le troisiéme moment il passera l'espace D E égal à A C par le mouvement égal, & l'espace P H quintuple de C F par l'accéléré; & la ligne E H ou A M sera à C F ou A K comme 9 à 1. Enfin dans le quatriéme moment il par courra l'espace

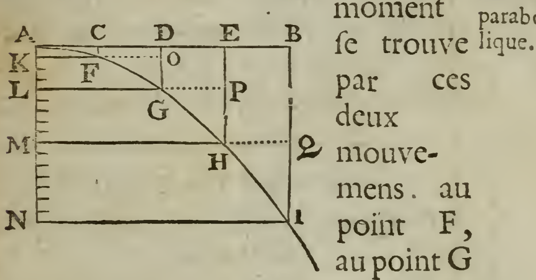

P
A
R
M
Q
N H I L
E
F
10 30 50 70 90 110 130 150 170 190
20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90
G
O
D
V
B
D V
G
E I L F
S
A
R
D V
O
E N I F
P
A
R
S

ſpace E B égal à A C par le mouvement égal, & Q I ſeptuple de C F par l'accéléré ; & B I ou A N ſera à C F ou A K comme 16 a 1. & ainſi des autres.

LIV. II. CHAP. V.

La ligne de la projection horizontale eſt parabolique.

Et comme le mobile au premier moment ſe trouve par ces deux mouvemens. au point F,



au point G dans le ſecond, au point H dans le troiſiéme, & au point I dans le quatriéme ; il paroît que la courbe A F G H I ſera décrite par ſon paſſage ; dans laquelle la ligne A N êtant à A K comme 16 à 1 ; & à A B à A C, c'eſt-à-dire N I à K F, comme 4 à 1 ; le diametre ou l'axe A N, eſt à ſa portion AKen raiſon doublée de celle de l'ordonnée N I à l'ordonnée K F. Ainſi la raiſon de A M à A K qui eſt de 9 à 1, eſt doublée de celle M H à K F, c'eſt-

LIV. II. CHAP. V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

c'est-à-dire de AE à A C qui est de 3 à 1. Et celle de A L à A K qui est de 4 à 1, doublée de celle L G à K F, c'est-à-dire de A D à A C qui est de 2 à 1. Et partant que la courbe AFGHI décrite par le passage du mobile jetté horizontalement, est celle que l'on appelle *ligne Parabolique*, dont le sommet est A, l'axe est à A N, & les ordonnées sont KF : LG : MH : NI, &c.

CHAPITRE VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

CHAP. VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

NOus pouvons avec un raisonnement semblable faire voir que les projections qui se font obliquement & suivant des directions inclinées entre l'horizontale & la perpendiculaire, décrivent des lignes Paraboliques aussi bien que les projections horizontales.

Car nous servant de la même figure, si nous menons la droite I P continuée de part & d'autre qui touche la parabole

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

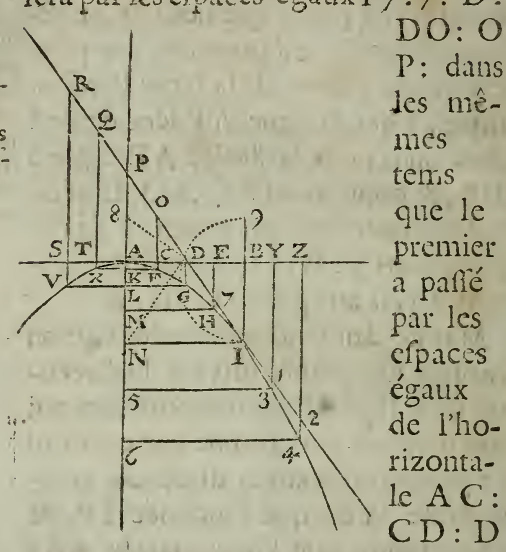
bole AGI en I, & coupe son axe N A prolongé en P. Il est premiérement constant, (parce que nous avons remarqué ci-devant pour une des principales proprietez de la ligne Parabolique,) que la ligne A P sera égale à A N ou B I, & la droite A D égale à DB, & continuant F C en O, la droite I P sera coupée en portions égales aux points 7 : D : O, comme la droite AB l'est aux points C : D : E.

Maintenant si nous entendons qu'un mobile soit poussé suivant la direction de la ligne IP par une puissance qui soit d'autant plus grande que celle qui le poussoit suivant la direction horizontale A B, que l'inclinée I P est plus grande que l'horizontale A B ; c'est-à-dire que la vîtesse imprimée à ce second mobile soit à la vîtesse imprimée au premier comme IP est à A B : il sera vrai de dire, en faisant abstraction de la pésanteur, que ce mobile parcourra, d'un mouvement uniforme & égal, toute la longueur I P au même tems que le premier a parcouru la

LIV. II. CHAP. VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

longueur A B, & que le second passera par les espaces égaux I 7 : 7 : D : D O : O P : dans les mêmes tems que le premier a passé par les espaces égaux de l'horizontale A C : C D : D E : E B. Mais dans le tems que le premier de ces mobiles a passé d'un mouvement égal l'espace A C, il est descendu par sa propre gravité, d'un mouvement accéléré, de la longueur de la ligne AK ou CF. Donc, dans le tems que ce second mobile passera d'un mouvement égal par l'espace I 7, il descendra d'un mouvement accé-



céléré de la même hauteur perpendiculaire AK ou 7 H. Et en deux tems parcourant d'un mouvement égal les deux espaces I D, il descendra, par le mouvement accéléré de sa pésanteur, à la hauteur perpendiculaire A L ou D G. Ainsi en trois tems il passera également les trois espaces I O, & l'espace A M ou O F par l'accéléré. Et en quatre tems les quatre espaces I P par le mouvement égal, & l'espace AN ou AP par l'accéléré. C'est-à-dire que l'espace perpendiculaire 7 H égal à A K étant 1; DG égal à AL sera 4; OF égal à AM sera 9; A P égal à AN sera 16; &c. Et partant ce second mobile décrira par ces deux mouvemens la ligne courbe I H G A. Mais cette courbe est la même Parabolique que le premier des mobiles porté horizontalement, a décrite, (ainsi que je vai le faire voir.) Donc la ligne décrite par un mobile jetté suivant une direction oblique entre la perpendiculaire & l'horizontale, comme suivant

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

LIV. II. CHAP. VI. la direction de la droite IP, est une ligne Parabolique

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

Pour connoître que la Courbe I H GFA est la parabole tracée par le mobile porté suivant l'horizontale AB; il ne faut que considérer que les lignes AC:CD:DE:EB:étant égales, la droite AP étant de 16 parties, C O sera de p. 8. Mais OF est de p. 9; donc le reste C F sera de p. 1. Ainsi B I égal à A P est aussi de p. 16, & partant E 7 est de p. 8; & 7 H étant de p. 1; la toute EH est de p. 9. Donc C F ou AK étant p 1; DG ou AL est p. 4; EH ou AM p. 9, & BI ou A N est p. 16. Comme AC ou KF étant 1; AD ou LG est 2; AE ou MH est 3; & A B ou N I est 4. Où l'on voit que les portions de l'axe A N sont entr'elles comme les quarrez des ordonnées & que la courbe parabolique IHGFA, décrite par le second mobile suivant la direction oblique IP, est la même que la courbe parabolique AFGHI, décrite par le premier des mobiles suivant la direction horizontale A B. Ce qu'il faloit démontrer.

Le

Le sommet de l'une & l'autre de ces paraboles êtant en A, l'on pourra faire voir que la projection oblique suivant IP êtant continuée décrira la même parabole de l'autre part. Car prenant les espaces PQ: QR égaux à P O: O D & menant les droites Q T X: R S V paralleles à l'axe AP; les portions A T, T S seront aussi égales aux portions A C, CD; & la droite AP êtant de p. 16; QT sera de p. 24, & RS de p. 32,

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

Maintenant si l'on entend que le mobile partant du point I ait passé en quatre tems la droite I P par le mouvement égal, & soit descendu de toute la longueur perpendiculaire P A de p. 16 par le mouvement accéléré de sa pésanteur; il passera la droite I Q en cinq tems par le mouvement égal, & descendra cependant de la hauteur perpendiculaire Q X de p. 25 par l'accéléré; & en six tems il parcourra IR également & la hauteur R V de p. 36 par sa pésanteur. Otant donc la longueur Q T ou p. 24, de la toute Q X de p. 25. & la lon-

LIV. II. CHAP. VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

gueur R S ou p. 32 de R V ou p. 36; il restera p. 1 pour TX & p. 4 pour SV; c'est-à-dire que T X sera égale à A K ou CF. S V à AL ou DG. Ce qui marque que la courbe qui passe par les points X & V décrite par le mobile jetté du point I suivant la direction oblique I P R; est la même que celle qui passe par F & G c'est-à-dire la même parabole continuée.

Posons maintenant que le mobile partant du point I suivant la direction PI, est porté en bas vers I. 2; je dis que la ligne courbe I. 3. 4 qu'il décrira par son passage, est aussi la même parabolique AFGI continuée.

Car prenant dans la ligne P I continuée en bas les espaces I 1, 1. 2 égaux à I 7, 7 D, & menant les droites 3. 1. Y: 4. 2. Z paralleles à I B c'est-à-dire à l'axe A N, qui couperont l'horizontale A B prolongée, & feront les portions B Y, Y Z égales aux portions BE, ED. Il est constant que le mobile poussé avec la même force en bas, parcourra d'un mouve-

ve-

vement égal les eſpaces I. 1, 1. 2 en même tems qu'il a parcouru en haut les eſpaces égaux I 7, 7 D; & que lors qu'il aura paſſé le premier eſpace I 1 par le mouvement égal; il ſera deſcendu par le mouvement accélérére de ſa gravité, de la hauteur perpendiculaire 1. 3 égale à 7 H où A K de p. 1, & qu'il deſcendra de la hauteur 2. 4 égale à DG ou AL de p. 4 par le mouvement de ſa péſanteur, quand il aura paſſé en deux tems les deux eſpaces I. 1, 1. 2 par le mouvement égal. Maintenant dans le triangle D 2 Z, la droite I B étant de p. 16, Y 1 ſera de p. 24; & Z 2 de p. 32; & partant la toute Y 3 ſera de p. 25, & Z 4 de p. 36. C'eſt-à-dire que les points I : 3 : 4 : ſeront dans la parabole AFGHI continuée, puis-que la droite Z 4 c'eſt-à-dire la portion du diametre A 6 de p. 36, eſt à la portion AK de p. 1, comme le quarré de A Z ou de l'ordonnée 6. 4, eſt au quarré de A C ou de l'ordonnée K F.

LIV. VI. CHAP. II.

Les lignes des projectiõns obliques ſont auſſi paraboliques.

LIV. II. CHAP. VII.

CHAPITRE VII.

Maniére de mesurer les différens dégrés de la force imprimée au mobile jetté.

Maniére de mesurer les différens dégrez de la force imprimée au mobile jetté.

IL paroît par tout ce raisonnement que les paraboles ont d'autant plus d'étenduë que la force ou la vîtesse imprimée au mobile porté suivant une direction horizontale, est plus grande. Et comme cette vîtesse peut être plus grande en une infinité de maniéres différentes; Galilée n'a point trouvé de moien plus assûré pour les réduire sous des mesures connuës, qu'en supposant que le mobile a aquis cette force ou ce dégré de vîtesse en tombant d'une certaine hauteur. Car puis-qu'un mobile en tombant aquiert à chaque moment de sa chûte un nouveau dégré de vîtesse, il n'y a point de vîtesse si grande, à laquelle le mobile ne puisse arriver, supposé qu'il n'y ait point d'empêchement du dehors; ainsi la différence des dégrez de vîtesse peut-être commodément entenduë par la différence des hauteurs

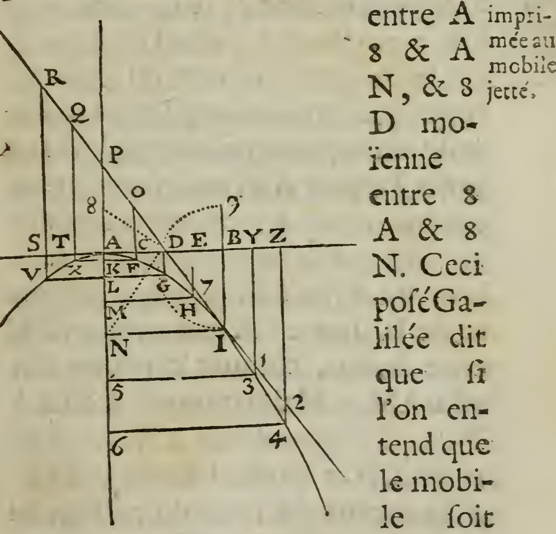
d'où

d'où l'on peut ſuppoſer que le mobile eſt tombé.

LIV. II. CHAP. VII.

Ma-niére de meſurer les diffé-rens dé-grez de la force impri-mée au mobile jetté.

Pour bien entendre ceci, il faut dans la figure dont nous nous ſommes ſervis, mener les droites ND & D 8 en-ſorte que l'angle ND 8 ſoit droit, afin que A D ſoit moïenne Geometrique



entre A 8 & A N, & 8 D moïenne entre 8 A & 8 N. Ceci poſé Galilée dit que ſi l'on entend que le mobile ſoit tombé perpendiculairement du point 8 en A, & que ſon mouvement ſoit en-ſuite converti en mouvement égal ſuivant la direction hori-

LIV. II. CHAP. VII.

Maniére de mesurer les différens dégrez de la force imprimée au mobile jetté.

zontale A B, avec le dégré de vîtesse aquis par sa chûte; il décrira par son passage la parabole AFGHI.

Car comme les espaces parcourus par un mobile tombant sont entr'eux en raison doublée de celle des tems de leur chûte; si nous prenons la droite 8 A pour mesure du tems que le mobile a employé à passer l'espace 8 A en descendant du point du repos 8: cette ligne sera à celle qui est la mesure du tems que le mobile employera à passer l'espace A N en descendant du point de repos A, en raison doublée de celle que la même ligne 8 A a, à la droite AN: c'est-à-dire que le quarré de la droite 8 A sera au quarré de cette droite, comme la même 8 A est à AN. Mais comme 8 A est à A N, ainsi le quarré de 8 A est au quarré de A D. 1 Donc la droite A D sera la mesure du tems du passage du mobile par l'espace A N.

Maintenant comme il a été démontré par Galilée, qu'un mobile porté d'un mouvement égal avec un dégré

de

de vîtesse aquis en tombant de quelque hauteur, parcourt dans un tems égal à celui de sa chûte, un espace double de celui qu'il a parcouru en tombant: c'est-à-dire que le mobile porté d'un mouvement égal suivant la direction A B, avec le dégré de vîtesse aquis par sa chûte du point de repos 8 en A, parcourt dans le tems 8 A un espace double de la droite 8 A; il s'ensuit que dans le tems A D il parcourra avec la même vîtesse un espace double de la droite A D; c'est-à-dire l'espace A B ou N I. Mais nous venons de faire voir que le même mobile partant du point de repos A, passoit en descendant l'espace A N dans le même tems A D. Donc dans le tems qu'il parcourra horizontalement la droite A B d'un mouvement égal, il descendra de toute la hauteur A N du mouvement accéléré; & par la composition de ces deux mouvemens il décrira la Parabole A F G H I; car on ne sauroit mener d'autre parabole que celle-là qui passe par les point A & I.

LIV. II. CHAP. VII.

Maniere de mesurer les differens degrez de la force imprimée au mobile jetté.

LIV. II. CHAP. VII.

Maniére de mesurer les différens dégrez de la force imprimée au mobile jetté.

Où l'on voit que les vîtesses ou les forces aquises ou imprimées étant entr'elles en même raison que les tems, la vîtesse ou la force aquise par la chûte 8 A, c'est-à-dire la force ou la vîtesse du mouvement horizontal étant mesurée par la droite A 8, la mesure de la force ou de la vîtesse aquise au point N par la chûte AN sera la droite AD.

Nous avons dit ci-devant qu'une force ou vîtesse qui seroit à la force ou vîtesse horizontale comme la touchante I P est à la touchante A B ou N I; c'est-à-dire comme DP est à DA; porteroit le mobile en montant ou en descendant suivant la direction IP par les points de la même parabole AFGHI. Pour déterminer quelle est cette force, supposé que l'horizontale AB soit mesurée par la droite A 8? il faut raisonner en cette maniére.

La droite A N étant égale à A P, les deux D P & D N sont aussi égales; & partant A D est à D N, comme la vîtesse horizontale A B est à la vîtesse sui-

suivant la touchante I P ; mais comme AD est à DN, ainsi A 8 est à 8 D. Donc A 8 est à 8 D, comme la force horizontale est à l'inclinée par I P: Maintenant posant la droite A 8 pour mesure de l'espace que le mobile a parcouru en tombant pour acquérir la force horizontale A 8, elle sera à l'espace qu'il faudra qu'il parcoure pour aquérir la force inclinée 8 D, en raison doublée de la ligne A 8 à 8 D, c'est-à-dire comme A 8 est à 8 N ; & partant l'étenduë 8 N sera celle de la chûte du mobile pour aquérir la force ou la vîtesse 8 D. Donc la force horizontale A B ayant été aquise par la chûte 8 A, la force inclinée I P sera aquise par la chûte 8 N.

LIV. II. CHAP. VII.

Maniére de mesurer les différens dégrez de la force imprimée au mobile jetté.

Galilée appelle dans cette parabole A F G H I, la droite A N *la hauteur*, N I *la moitié de son amplitude*, & 8 A *la sublimité*: où l'on voit que la hauteur & la sublimité jointes ensemble font la mesure de l'espace qu'il faut que le mobile parcoure en tombant pour aquérir la force qu'il doit avoir pour dé-

LIV. V. CHAP. VII.

Maniére de mesurer les différens dégrez de la force imprimée au mobile etté.

crire la même parabole suivant la tangente menée à l'extrémité de son amplitude. L'on voit deplus que la moïenne Géometrique entre la hauteur & la sublimité d'une parabole est égale au quart de son amplitude.

Ainsi continuant la droite I B jusqu'en 9, en sorte que B 9 soit égale à A 8 comme B D est égale à A D; la droite B D sera moïenne entre I B & B 9; & le demi-cercle fait sur le diametre I 9, passera par le point D; & dans ce demi-cercle, B 9 sera la sublimité de la même parabole, décrite suivant la direction horizontale, B I sera la hauteur, & B D le quart de l'amplitude. Et le diametre entier I 9 sera la sublimité de la même parabole décrite suivant la direction de la touchante I P.

CHAPITRE VIII.

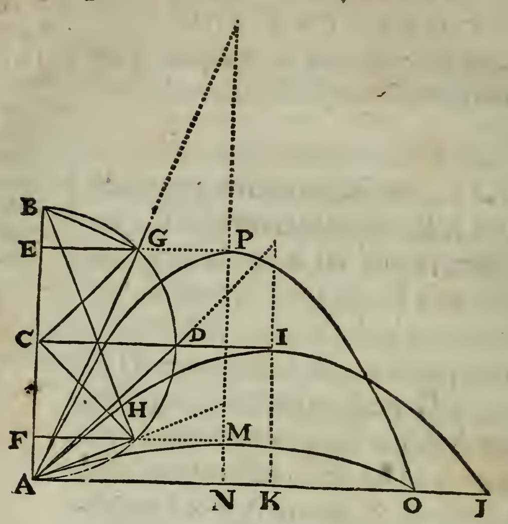
Proportion des amplitudes des Paraboles & des sinus du double des angles de leurs touchantes.

Proportion des amplitudes des Paraboles & des Sinus du double des angles de leurs touchantes.

CEci posé : soit un demi cercle A D B, sur le diametre perpendiculaire A B, dont le centre est C ; lequel soit touché en A par la ligne horizontale A L. Et soient menées dans le demi-cercle des droites A H : A D : A G du point A ; & les droites H F, D C, E G perpendiculaires au diametre A B. En-suite soit décrite la parabole A M O dont la hauteur N M soit égale à la droite A F & l'amplitude AO soit, quadruple de la droite FH ; la parabole AIL, dont la hauteur KI soit égale à AC, & l'amplitude A L quadruple de la droite DC ; & enfin la parabole A P O, dont la hauteur NP soit égale à AE, & l'amplitude A O quadruple de la droite E G. Puis soient menées dans le demicercle les lignes HC: HB: & GC: GB.

Il est manifeste par ce que nous avons démontré ci-devant que la ligne

B F



LIV. II. CHAP. VIII.

Proportion des amplitudes des Paraboles & des Sinus du double des angles de leurs touchantes.

B F eſt la ſublimité & A F ou N M la hauteur de la parabole AMO ; c'eſt-à-dire qu'un mobile porté d'un mouvement égal du point M horizontalement avec une force aquiſe par la chûte B F décrira la parabole AMO. Ainſi la ſublimité de la parabole A I L eſt B C & ſa hauteur à A C ou KI; comme la ſublimité de la parabole A P O eſt B E & ſa hauteur. A E ou N P. D'où il s'enſuit que les mêmes parabo-

raboles seront décrites par des mobiles portés également avec une force aquise par la chûte B A suivant les différentes inclinations des touchantes A H: A D: A G. C'est-à-dire que la parabole AMO sera décrite par le mobile porté également suivant la touchante A H avec la vîtesse qu'il aura aquise en tombant du point B en A. Et la parabole AIL sera décrite par le mobile porté également suivant la touchante A D avec la même vîtesse BA. Et enfin la parabole APO par le mobile suivant la touchante AG, avec la même force ou vîtesse B A.

LIV. II. CHAP. VIII. Proportion des amplitudes des Paraboles & des Sinus du double des angles de leurs touchantes.

Et comme les amplitudes de chacune des paraboles sont quadruples des droites F H: C D: E G: il s'ensuit

CHAPITRE IX.

Suites de cette Proportion.

1 QUe de toutes les paraboles faites avec une même impression de vitesse, la plus grande est celle dont le mobile est porté suivant la direction d'un

CHAP. IX. Suites de cette proportion.

LIV. II. CHAP. IX.

Suites de cette proportion.

d'un angle demi droit ou de 45 dégrez ; ce qui a été premiérement remarqué par Tartaglia, ainsi que nous l'avons dit ci-devant. Car si nous supposons que l'angle L A D, qui est l'inclination suivant laquelle la parabole AIL a été faite, est de 45 dégrez; la ligne D C perpendiculaire au diametre AB, sera egale au demi diametre du même Cercle A D B; & par conséquent elle sera plus grande qu'aucune autre perpendiculaire au même diametre comme HF ou GE ; d'où il arrire que le quadruple de CD, c'est-à-dire l'amplitude AL de la Parabole A I L, sera plus grande que le quadruple d'aucune autre perpendiculaire comme FH ou GE, c'est-à-dire que l'amplitude d'aucune autre Parabole comme V M O ou A P O.

2. Que les Paraboles décrites suivant des inclinations égalément éloignées au-dessus ou au-dessous de l'angle de 45 dégrez sont égales d'amplitude. Ce qui a été remarqué par plusieurs & particuliérement par Diego Ufa-

Ufano, comme nous l'avons fait voir ci-devant. Car ſuppoſant que les arcs D H & DG ſoient égaux, les droites H F & G E ſeront auſſi égales, & leurs quadruples A O; c'eſt-à-dire l'amplitude de la Parabole A M O & de la parabole A P O faites ſur les inclinations A H & A G.

LIV. II. CHAP. IX.

Suites de cette propor-tion.

3. Comme les perpendiculaires ſur le diametre du cercle vont toûjours en augmentant depuis le point A juſqu'en D, & que delà elles vont toûjours en diminuant juſqu'au point B; il s'enſuit que les Paraboles produites par les mobiles portés d'une même vîteſſe ſuivant les inclinations depuis l'horizontale A L juſqu'à celle de l'angle demi droit A D, vont toûjours en augmentant d'amplitude; comme au contraire celles qui ſe font ſuivant les inclinations depuis l'angle demi droit A C. juſqu'à la perpendiculaire A B vont toûjours en diminuant.

4. La droite H F eſt le ſinus de l'angle au centre A C H, double de l'an-

LIV. II. CHAP. IX.

l'angle à la circonférence A B H qui eſt égal à celui de l'inclination L A H. Ainſi la droite C D eſt le ſinus de l'angle droit double de celui de l'inclination L A D. Et la droite G E eſt le ſinus de l'angle au centre A C G double de l'angle à la circonférence A B G qui eſt égal à celui de l'inclination L A G. Et comme les amplitudes A A O, A L, des Paraboles A M O, A P O, A I L, ſont entr'elles comme les lignes F H, C D E G dont elles ſont quadruples ; il s'enſuit que les amplitudes des Paraboles faites par un mobile porté d'une égale impreſſion de vîteſſe, ſuivant des angles différens d'inclination, ſont entr'elles comme les ſinus du double des mêmes angles. Ainſi l'amplitude A L de la Parabole A I L faite ſuivant l'angle demi droit L A D, eſt à l'amplitude A O de la parabole A M O faite avec la même impreſſion de force ſuivant l'angle L A H, comme la droite C D ſinus de l'angle droit, double du demi droit L A B, eſt à la droite F H ſinus

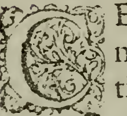
Suites de cette proportion.

ſinus de l'angle A C H, double de l'angle L A H. Et la même amplitude A L de la Parabole A I L eſt à l'amplitude de A O de la parabole APO, comme la droite C D ſinus du double de l'angle L A D, eſt à la droite EG ſinus du double de l'angle L A G, & ainſi des autres.

Suites de cette proportion.

LIV. III. # LIVRE TROISIE'ME.

Démonstration des pratiques de l'Art de jetter les Bombes. Et premiérement pour les jets dont l'étenduë est au niveau des Batteries, & par le moïen des sinus.



Ette proposition est le fondement de la plûpart des Pratiques que nous avons expliquées dans la deuxiéme partie de ce Livre, & que nous allons maintenant examiner l'une après l'autre.

CHAPITRE PREMIER.

Pour trouver l'étenduë d'un coup sur une élévation donnée.

CHAP. I. Pour trouver l'êtenduë d'un coup sur une élévation donnée.

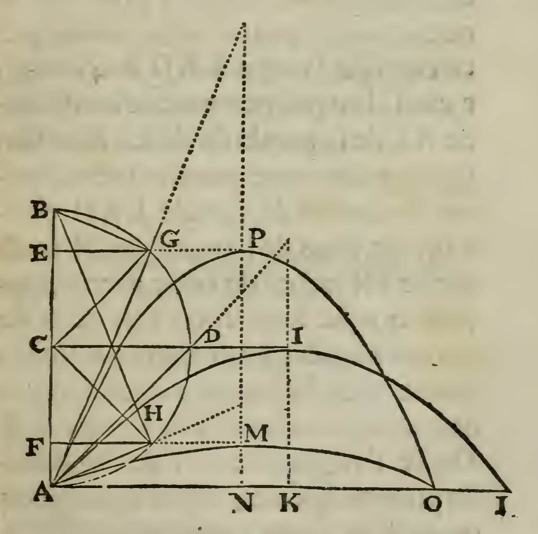
LA premiére de toutes est claire d'elle-même : car supposant que l'on ait fait l'épreuve d'une piéce ou d'un mortier sous un angle d'élévation connuë, & connoissant exactement sa portée ; pour connoître celle de la même piéce ou du même mortier

tier

tier avec la même charge ſous une autre élévation ; il ne faut, ſuivant la pratique expliquée au premier Chapitre du premier Livre de la ſeconde Partie, que faire une régle de Trois dont le premier terme ſoit le ſinus du double de l'angle de l'élévation ſur laquelle on a fait l'épreuve, le

LIV. III. CHAP. I.

Pour trouver l'étenduë d'un coup ſur une élévation donnée.



ſecond ſoit le ſinus du double de l'angle de l'élévation propoſée, & le troiſiéme ſoit la portée connuë par l'épreu-

LIV. III. CHAP. I.

Pour trouver l'étenduë d'un coup sur une élévation donnée.

preuve ; & par la régle, le quatriéme proportionel sera l'étenduë de la portée que l'on demande. Comme si l'épreuve ayant été faite sous l'angle de l'inclination LAH de 30 dégrez vous avez 1000 toises ou 1000 autres mesures pour la portée de vôtre piéce, c'est-à-dire pour l'amplitude A O de la parabole AMO ; pour savoir quelle sera la portée de la même piéce élevée à l'angle LAD de 45 dég., c'est-à-dire pour connoître l'amplitude AL de la parabole AIL ; il ne faut que prendre pour premier terme le sinus du double de l'angle LAH c'est-à-dire le sinus de l'angle ACH ou la droite FH qui est de 8660 parties, supposé que le sinus total soit C D de 10000 parties ; pour second terme la droite CD de 10000 parties, c'est-à-dire le sinus du double de l'angle L A D ; & l'amplitude AO de 1000 toises pour troisiéme ; afin d'avoir pour quatriéme terme proportionel l'amplitude A L de 1155 to. ou mesures ; & cela parce que l'amplitude A O est à l'am-

l'amplitude A L comme le ſinus H F eſt au ſinus CD. LIV. III. CHAP. I.

Si l'angle de l'inclination propoſée eſt plus grand que le demi droit, il ne faut pas le doubler pour avoir le ſinus, mais il faut prendre le ſinus du double de ſon complement à l'angle droit. Comme ſi l'on a propoſé l'élévation de la piéce ou du mortier à l'angle L A G de 50 dégrez: il faut prendre E G ſinus de 80 dégrez double de 40 dég. complement à l'angle droit du propoſé de 50 dégrez.

Pour trouver l'étenduë d'un coup ſur une élévation donnée.

CHAPITRE II.

Pour trouver l'angle de l'élévation pour une étenduë donnée.

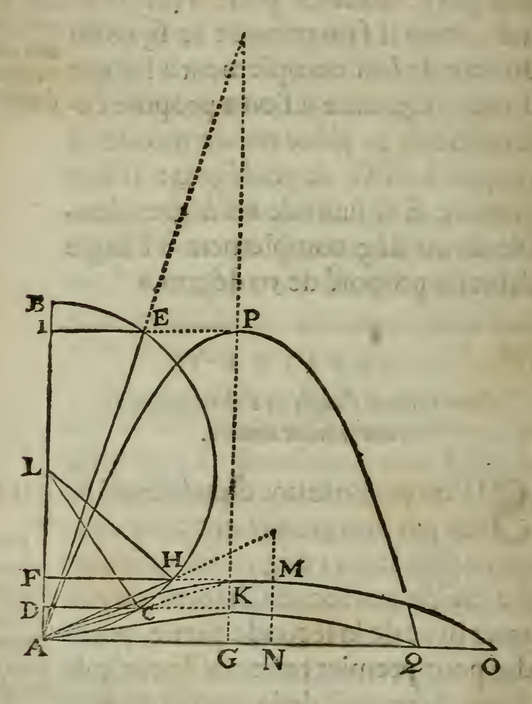
CHAP. II.

Pour trouver l'angle de l'élévation pour une étenduë donnée.

SI l'on propoſe une étenduë qui ne ſoit pas plus grande que celle de la piéce élevée à 45 dég.; il faut, comme il a été dit au ſecond Chapitre du premier livre de la ſeconde partie, prendre pour premier terme de la régle de Trois l'étenduë de la portée connuë par l'épreuve, pour ſecōd terme l'étenduë

LIV. III. CHAP. II.

duë que l'on demande, & pour troisiême le sinus du double de l'angle de l'inclination sur laquelle l'êpreuve a êté faite; afin d'avoir pour quatrié-



me proportionel le sinus du double de l'angle qu'il faudra donner à la piéce.

piéce. Ainsi pour avoir la portée, c'est-à-dire l'amplitude A Q de 800 mesures; il faut prendre pour premier terme l'amplitude AO de la parabole A M O de 1000 mesures faite suivant l'angle OAH de 30 dégrez, pour second terme l'amplitude A Q de 800 mesures que l'on demande; la droite F H sinus du double de l'angle O A H de 8660 parties pour troisiéme terme, afin d'avoir pour quatriéme proportionel, la droite CD de 6928 parties sinus de l'angle A L C de 43. 52′ double de ce que l'on demande QAC de 21. 56′, ou de son complement à l'angle droit Q A E de 68 4′. Car la piéce ou le mortier élevé en l'un ou en l'autre de ces deux angles donnera la même amplitude proposée A Q des Paraboles A K Q ou A P Q. Et par tout l'on voit que ces amplitudes AO & AQ sont entr'elles comme les droites F H & D C.

LIV. III. CHAP. II.

Pour trouver l'angle de l'élevation pour une étenduë donnée.

LIV. III. CHAP. III. Démonstration de la Table des Sinus servans au jet des Bombes.

CHAPITRE III.

Démonstration de la Table des Sinus servans au jet des Bombes.

LA Table qui suit, & qui est rapportée au troisiéme Chapitre du premier Livre de la seconde partie, n'est que pour soulager ceux qui auroient peine à rechercher en toutes rencontres les sinus du double des angles proposés pour l'élévation du mortier ou de la piéce ; puis-qu'elle contient les mêmes sinus qui répondent aux angles proposés, sans qu'il soit besoin de rien doubler. Ce qui a êté nettement expliqué dans le discours de la construction de la table, où j'ai dit que les nombres qui y répondent à chaque dég. êtoient ceux qui se trouvent dans la table ordinaire des sinus au droit des angles doubles de ceux-ci ; & que le nombre par exemple de 349 répondant au premier dég. dans cette Table, êtoit celui qui répondoit à 2 dégrez dans celle des sinus ; & le nombre 698 répondant

dant dans celle-ci à 2 dég., êtoit le ſinus de 4 dégrez; ainſi le nombre 6428 répondant à 20 dég. eſt le ſinus de 40 dég., & ainſi des autres.

LIV. III. CHAP. III.

Démonſtration de la Table des ſinus ſervans au jet des Bombes.

Ce qui fait que propoſant un angle & prenant le nombre qui lui répond dans cette table, vous prenez tout d'un coup le ſinus de ſon double. Ce qui ſe connoît par les exemples rapportés ſur ce ſujet, dans leſquels les nombres ſont par tout les mêmes que ceux qui ſont trouvés par la pratique des ſinus. Ce qui n'a point beſoin de plus longue explication.

Il en eſt de même de la table qui répond à celle que j'ai expliquée dans la premiére partie de ce Traite ſur la doctrine de Diego Ufano; car j'ai calculé cette table ſur celle-ci, enſorte que tous les nombres de l'une ſont proportionels aux nombres de l'autre.

CHA-

LIV. III. CHAP. IV.

Dé-monſtration de la Table des hauteurs des jets pouſſés d'une même force.

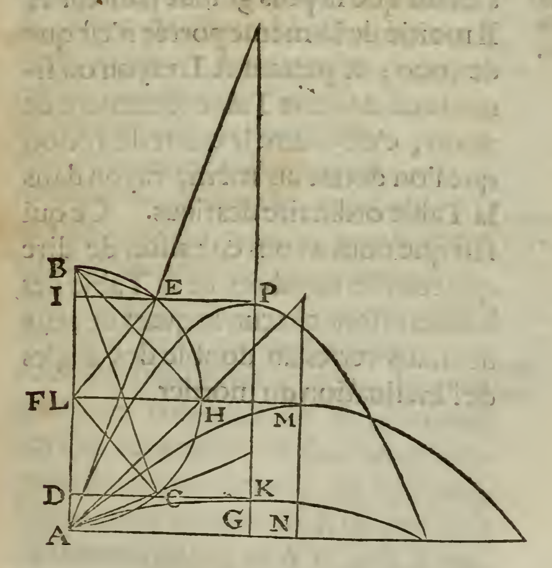
CHAPITRE IV.

Démonſtration de la Table des hauteurs des jets pouſſez d'une même force.

IL n'eſt pas plus mal aiſé de démontrer la conſtruction & l'uſage de la Table que nous avons rapportée au ſixiéme Chapitre du premier Livre de la ſeconde partie ſous le nom de *Table des hautenrs des jets pouſſez d'une même force dont la plus grande portée eſt* 10000 ; & dont les nombres ſont, ainſi que nous avons dit, chacun égal au quart des ſinus verſes du double des angles de l'inclination du mortier. Car ſi dans cette figure, nous conſidérons que la hauteur N M de la demiparabole A M, faite ſous l'angle de l'inclination N A H & avec la force aquiſe par la chûte depuis le point B, eſt égale à la droite A F, qui dans le demi-cercle fait ſur le diametre A B eſt le ſinus verſe l'angle au centre A L H double de l'angle à la circonférence A B H égal à celui de l'inclination N A H : que la hauteur

G K

GK de la demi-parabole AK faite sous l'inclination GAC avec la même force aquise par la chûte du point B, est égale à la droite AD qui dans le même demi-cercle est le sinus verse de l'angle ALC double de celui de l'inclination GAC: & qu'enfin la hauteur GP de demi-parabole AP LIV. III. CHAP. IV.



faite sous l'inclination GAE avec la même force, est égale à la droite AI

LIV. III. CHAP. IV.

Dé-monstration de la Table des hauteurs des jets pousſés d'une même force.

ſinus verſe de l'angle au centre A L E double de celui de l'inclination G A E, & ainſi des autres. Nous pouvons dire que *les hauteurs des jets pouſſez de même force ſont entr'elles comme les ſinus verſes du double des angles de leur inclination* ; & comme nous avons ſuppoſé que la plus grande portée êtoit 10000, il s'enſuit que la plus grande hauteur A B moitié de la même portée n'eſt que de 5000 ; & partant A L rayon ou ſinus total de cette Table ſeulement de 2500, c'eſt-à-dire le quart de 10000 que l'on donne au même rayon dans la Table ordinaire des ſinus. Ce qui fait que nous avons eu raiſon de dire que tous les nombres de la Table des hauteurs ſont chacun le quart de ceux des ſinus verſes du double des angles de l'inclination du mortier.

CHAPITRE V.

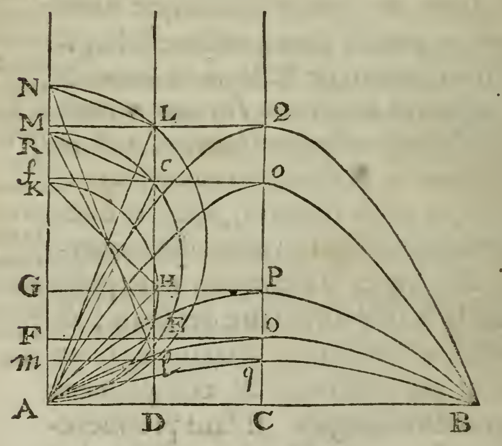
LIV. III. CHAP. V. Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation.

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élévation.

POur bien entendre la construction de l'autre Table que nous avons raportée dans le même Chapitre sous le nom de *Table des hauteurs & des sublimitez des jets dont l'étendue en toutes sortes d'élévation est toûjours la même, posée de* 10000 *parties* ; & dont les nombres sont, ainsi que nous avons dit, pour les hauteurs chacun égal au quart des tangentes des angles d'élévation marquées dans la Table ordinaire des sinus, & pour les sublimitez chacun égal au quart des tangentes de complement des mêmes angles. Il faut premiérement dans cette figure, où l'étenduë horizontale donnée A B est partagée également en C, & A C aussi également en D, mener des points A, D, C, des droites comme AN, DL, CQ,

LIV. III. CHAP. V.

perpendiculaires à A B. Puis ayant pris sur A N la droite A G égale à A D, faire du centre G & intervalle G A, le cercle K H A qui touchera la ligne D C au bout H du rayon G H parallele à A C; & si l'on mene la droite A H; l'angle CAH sera de 45 dég. & la parabole du point A sui-



vant la direction AH avec la force mesurée par AK aura la droite AB pour amplitude, AG ou C P pour sa hauteur & KG pour sa sublimité: car toutes ces choses ont été démontrées ci-

ci-devant. Par la même raison si menant du point A une autre droite A E faisant l'angle de l'inclination B AE, je tire la droite ER perpendiculaire à AE & coupant AN en R ; j'aurai AR diametre du cercle A E R qui passera par le point E, d'où menant FEO parallele à AB, l'amplitude de la parabole décrite par le mobile poussé du point A suivant l'inclination B AE & avec la force imprimée par la chûte du point R, sera la même A B quadruple de AD, sa hauteur sera A F ou C O, & sa sublimité RF. Ainsi faisant une autre inclination BAL & menant la droite LN perpendiculaire à A L, nous aurons AN diametre d'un cercle qui passera par le point L, d'où menant la ligne MLQ, nous pouvons dire que la parabole décrite par un mobile poussé suivant l'inclination B A L avec la force imprimée par la chûte du point N, aura la même amplitude AB, la droite AM ou CQ pour sa hauteur, & NM pour sa sublimité ; & ainsi des autres.

LIV. III. CHAP. V.

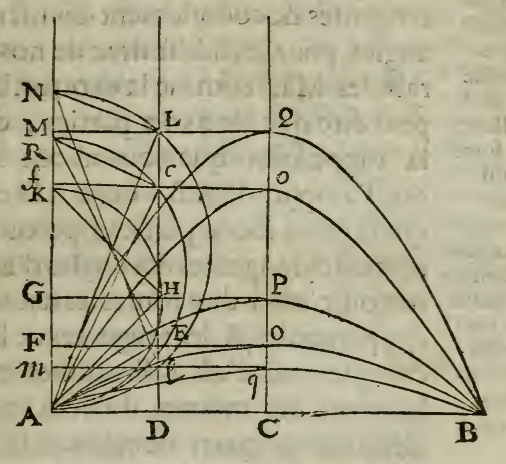
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation.

LIV. III. CHAP. V.

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation.

Il faut maintenant considérer dans le triangle rectangle AHK, que posant la droite GH ou AD pour sinus total; la ligne GA hauteur de la parabole A P B sera la tangente de l'angle G HA qui est celui de l'inclination; & la ligne KG sublimité de la même, sera la tangente de l'angle GHK complement de celui de l'inclination G H A, ou BAH. Ainsi dans le triangle rectangle A E R, posant la droite E F égale à A D pour sinus total, la ligne A F ou C O hauteur de la parabole A O B sera la tangente de l'angle de l'inclination A E F ou BAE; & la ligne RF sublimité de la même, sera la tangente de l'angle R E F complement de celui de l'inclination A E F. Enfin dans le triangle rectangle ALN, posant la droite LM égale à AD pour sinus total, la droite AM ou CQ hauteur de la parabole AQB est la tangente de l'angle ALM ou de son égal l'angle de l'inclination BAL; & la droite N M sublimité de la même, est la tangente de l' angle M L N complement

ment de M L A ou BAL. Et comme on peut faire le même raiſonnement ſur tous les angles d'inclination poſſibles; il eſt aiſé de faire voir que la même droite AD pouvant toûjours être poſée pour ſinus total, toutes les hauteurs des paraboles de même amplitude ſeront les tangentes de tous LIV. III. CHAP. V.



les angles égaux à ceux de l'inclination; & toutes les ſublimitez des mêmes paraboles ſeront les tangentes de complement des mêmes angles.

Deſorte que ſi nous avions pris la droi-

LIV. III. CHAP. V.

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation.

droite A D égale au sinus total de la Table ordinaire des sinus, tangentes & sécantes qui est de 10000 parties, nous aurions pû nous servir pour les nombres de nôtre Table des hauteurs & sublimitez, de ceux des tangentes des angles de la Table ordinaire des sinus pour les hauteurs, & de ceux des tangentes de complement des mêmes angles pour les sublimitez de nos paraboles. Mais comme la droite A D ne peut étre que de 2500 parties, dans la supposition que nous avons faite que l'amplitude A B, dont AD est le quart, est de 10000 parties; il paroît que toutes les tangentes des angles d'inclination; c'est-à-dire toutes les hauteurs des paraboles, & les tangentes de leurs complemens, c'est-à-dire toutes les sublimitez des mêmes, doivent étre ici chacune un quart de celles de la Table ordinaire des sinus; ainsi que nous l'avons pratiqué dans la Table des mêmes hauteurs & sublimitez, ou celle de l'angle de 45 dég, égale au sinus total, n'est que de 2500 parties.

Au

Au reste, comme l'arc NL dans le cercle ALN est égal à l'arc A *l*, la droite NM est aussi égale à A *m*, & AM à N*m*; où l'on voit que A M ou CQ hauteur de la parabole A Q B, est égale à N *m* ou Q *q* sublimité de la parabole A *q* B; & NM sublimité de la parabole AQB égale à A *m* hauteur de la parabole A *q* B. Par la même raison nous ferons voir que A F ou C O hauteur de la parabole A O B est égale à R *f* sublimité de la parabole A *o* B & R F sublimité de la Parabole AOB égale à A *f* hauteur de la parabole A *o* B. Mais les paraboles AQB, A *q* B; aussi bien que les paraboles A O B, A *o* B, sont celles que l'on peut appeller *reciproques*, étant faites sous des directions également éloignées de celle de 45 dégrez, & dont la force de l'impulsion & l'amplitude sont égales: l'on peut donc conclure, ce que nous avons dit ci-devant, *Qu'aux paraboles de même étenduë sous même force, les hauteurs & les sublimitez sont reciproquement égales.*

LIV. III. CHAP. V.

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation.

Enfin comme la hauteur C P ou

Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étenduë & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation.

A G de la parabole A P B, jointe à sa sublimité K G fait la toute A K mesure de la force qui l'a décrite : que la hauteur CO ou AF de la parabole AO B & sa sublimité RF font ensemble la toute A R mesure de la force qui l'a pû décrire : que la hauteur C Q ou A M de la parabole AQB & sa sublimité N M font ensemble la toute A N d'où le mobile tombant auroit par sa chûte aquis assez de force pour porter le même mobile suivant la direction A L par la parabole A Q B à la distance A B. Nous pouvons inférer *qu'en toutes les paraboles, la hauteur & la sublimité font ensemble la mesure de la force qu'il faut pour les décrire.* Et ceci est le fondement de la derniére Table que nous avons rapportée au septiéme Chapitre du premier Livre de la seconde partie, sous le nom de *Table de la force qu'il faut donner aux jets de même étenduë en toutes sortes d'élévation* ; ce qui n'a point besoin de plus grande explication.

LIVRE QUATRIEME.

Démonſtration des pratiques pour les jets dont l'étenduë eſt au niveau des batteries & par le moïen des inſtrumens

---

CHAPITRE PREMIER

Démonſtration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

L'Equerre de douze points faite à l'imitation de celle de Tartaglia raportée au premier Chapitre du ſecond livre de la ſeconde partie un peu plus de difficulté, quoi qu'elle ſoit ſur un même principe. Pour la bien entendre il faut ſe ſouvenir de ce que nous avons expliqué dans la pratique, tant au ſujet de la conſtruction que de l'uſage, dont je raporterai ſeulement ici, que les points de l'Equerre y ont entr'eux la même proportion que les portées d'une piéce élevée ſuivant les angles qu'ils font ſur l'Equerre. C'eſt-à-dire que la porté d'une piéce élevée au quatriéme point eſt double de la portée de la même piéce êle-

CHAP. I. Démonſtration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

LIV. IV. CHAP. I.

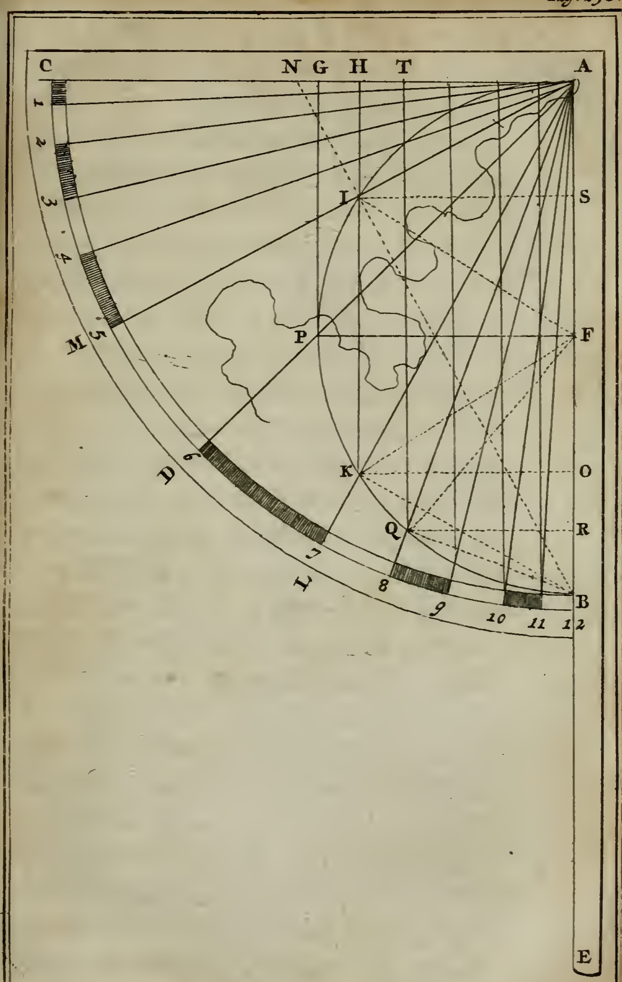
Démonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

êlevée au second, & quadruple de la portée au premier point, comme le nombre 4 est double du nombre 2, quadruple de 1. Et ainsi des autres.

Voilà les termes dont je me suis servi dans la seconde partie de ce Livre. Et par la disposition de la figure on voit que le bras AE de l'Equerre étant mis dans la piéce, si le plomb attaché par le filet en A tombe sur le point 6, on peut dire que la piéce est êlevée suivant l'angle 6 AC; ainsi le plomb tombant sur le point 5, la piéce sera êlevée suivant l'angle 5 AC; & suivant l'angle 8 AC si le plomb tombe sur le point 8. Et ainsi du reste.

Pour faire donc voir que la portée, c'est-à-dire que l'amplitude de la parabole faite au point 6, ou suivant l'angle 6 AC, est à l'amplitude de la parabole faite au point 5, ou suivant l'angle 5 AC, comme le nombre 6 est au nombre 5; & ainsi des autres; il suffit de démontrer que le sinus du double de l'angle 6 AC est au sinus du double de l'angle 5 AC, comme 6 à 5; car par

ce


C
N G H T
A
I
S
P
F
M
D
L
K
O
Q
R
B
E
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

ce moyen les mêmes amplitudes êtant entr'elles comme les sinus du double des angles, elles seront aussi entr'elles comme les mêmes nombres des points.

LIV. IV. CHAP. I.

Démonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

Or pour démontrer que le sinus du double de l'angle 6 AC est au sinus du double de l'angle 5 A C comme 6 est à 5 ; il faut prendre garde qu'après avoir tiré les droites BP & BIN, l'angle 6 AC est égal à ABP, & l'angle 5 A C égal à l'angle ABI; car dans le triangle rectangle B A N la droite AI tirée de l'angle droit A, perpendiculaire à la baze BN, fait les triangles ABI, IAN semblables, & les angles ABI, IAN égaux. Et partant si l'on mene la droite FI du centre du demi cercle, & IS parallele à F P, posant la même F P pour sinus total, c'est-à-dire sinus du double de l'angle demi droit ABP, la droite IS ou son égale AH sera le sinus de l'angle AFI double de l'angle ABI. Mais F P ou son égale A G est à AH comme 6 à 5 : & partant le sinus du double de l'angle ABP ou de son égal

6

LIV.IV. CHAP. I.

Démonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

AC, est au sinus du double de l'angle ABI ou de son égal 5 AC, comme 6 à 5. Nous pouvons faire le même raisonnement à l'égard des autres angles 4 AC, 3 AC, &c., & démontrer que le sinus du double de l'angle 4 A C est au sinus du double de l'angle 3 AC, comme 4 à 3. Et ainsi des autres.

Nous avons fait remarquer dans la pratique que les portées faites sur des inclinations au-dessus du sixiéme point, n'étoient pas entr'elles comme les nombres de leurs points, mais bien comme ceux qui sont également éloignés au-dessous du sixiéme: c'est-à-dire que la portée au huitiéme point, n'étoit pas à la portée du septiéme comme 8 est à 7; mais bien comme 4 à 5, qui sont nombres posez au-dessous du sixiéme point en même distance que 8 & 7 le sont au-dessus. La raison en est manifeste par cette démonstration: car l'amplitude au huitiéme point c'est-à-dire suivant l'angle 8 AC, êtant à l'amplitude au septiéme point ou suivant l'angle 7 AC, comme le sinus

du

du double de l'angle 8 AC, eſt au ſinus du double de l'angle 7 AC; il eſt aiſé de faire voir que ces ſinus ne ſont pas entr'eux en raiſon de 8 à 7, mais bien en celle des nombres 4 à 5 correſpondans au-deſſous du ſixiéme point. Car l'angle 8 A C étant égal à l'angle A B Q, & l'angle 7 A C égal à l'angle A B K; ſi l'on mene les droites F K, F Q du centre F, & K O, Q R paralleles à P F; prenant toûjours F P pour ſinus total, la droite R Q ou ſon égale A T ſera le ſinus de l'angle A F Q double de l'angle A B Q ou de ſon égal 8 A C; & la droite K O ou ſon égale A H; ſera le ſinus de l'angle A F K double de l'angle A B K ou de ſon égal 7 AC. Mais AT par la conſtruction eſt à AK comme 4 à 5. Donc le ſinus du double de l'angle au huitiéme point eſt au ſinus du double de l'angle au ſeptiéme comme 4 à 5.

LIV. IV. CHAP. I.

Démonſtration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

Je ne parlerai point des minutes, car c'eſt par tout le même raiſonnement, puis-qu'elles ſe marquent ſur le bord du Quart de cercle en diviſant chacune

LIV.IV. CHAP. I. Démonſtration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

cune des portions G H, H T &c. de la droite A G, en 12 parties égales, & tirant de chaque point de la diviſion des droites paralleles au diametre A B, qui couperont le demi-cercle chacune en deux points, par où l'on tire du centre A du quart du cercle des droites qui traçent les minutes ſur ſon bord en la même maniére que les 12 points principaux y ont été marquez.

CHAPITRE II.

Démonſtration du demi cercle de Torricelli.

CHAP. II. Démonſtration du demi cercle de Torricelli.

LE demi cercle dont nous avons décrit l'uſage au ſecond Chapitre du ſecond Livre de la ſeconde partie, eſt fondé ſur le même principe. Pour le comprendre il faut ſe ſouvenir que la demi circonférence A C B contenant 180 dégrez, & n'étant diviſée ſur ſon limbe extérieur qu'en 90 parties; il paroît que chacune de ſes parties contient deux dégrez, & que les nombres marquez ſur chacun des

arcs

arcs ſont égaux à la moitié de ceux CHAP. II.
des dégrez contenus dans le même LIV. IV.
arc. Ainſi l'arc marqué A 30, c'eſt-



à-dire l'angle A D 30 eſt de 60 dégrez ; l'arc A 40, c'eſt-à-dire l'angle A D 40 eſt de 80 dégrez : & ainſi des autres.

Maintenant ſi l'on poſe le bras A E dans la piéce, le plomb pendant en A mar-

LIV. IV. CHAP. II.

Démonstration du demi cercle de Torricelli.

marquera ſon élévation, qui ſera par exemple de 30 dég. ſi le plomb tombe ſur le point 30 du limbe exterieur; comme elle ſera de 40 dég., s'il tombe ſur le nombre 40. Car cét angle de l'élévation de la piéce lors-que le plomb tombe ſur le nombre 30, n'eſt autre choſe que l'angle A B 30 comme l'angle A B 40 eſt celui de l'élévation lorsque le plomb ſe trouve ſur le nombre 40. Et comme l'angle à la circonférence A B 30, n'eſt que la moitié de l'angle au centre A D 30, & l'angle A B 40 moitié de l'angle A D 40, il paroît que l'angle A D 30 étant de 60 dégrez, celui de l'inclination AB 30 ne ſera que de 30 dégrez; ainſi l'angle au centre A D 40 étant de 80 dég., l'angle de l'élévation ne ſera que de 40 dégrez. Et ainſi du reſte.

Quant à l'uſage il eſt tout-à-fait conforme à la Théorie que nous avons établie. Il ordonne de faire les portées proportionnelles aux ſinus des dégrez marqués ſur le limbe intérieur dont les nombres étant par tout doubles

bles de ceux qui leur répondent sur l'extérieur : il paroît que c'est toûjours faire les amplitudes des Paraboles proportionelles aux sinus du double des angles de leurs inclinations. Ainsi la portée de la piéce étant élevée de 30 dég., lors-que le plomb tombe sur le nombre 30 du bord extérieur, sera à la portée de la piéce élevée à 40 dégrez, lors-que le plomb tombera sur le nombre 40 du même bord, comme le sinus de 60 dégrez double de l'angle de la premiére élévation, est au sinus de 80 dég. double de la seconde. Et ainsi des autres.

LIV. IV. CHAP. II. Démonstration du demi-cercle de Torricelli.

CHAPITRE III.

Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des Sinus.

ENfin pour avoir une connoissance parfaite de la derniére Equerre, ou pour mieux dire du dernier demi-cercle de Torricelli dont nous avons ci-devant expliqué la construction & l'usage au troisiéme Chapit. du second livre de la premiére partie, sous

CHAP. III. Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des sinus.

LIV. IV. CHAP. III.

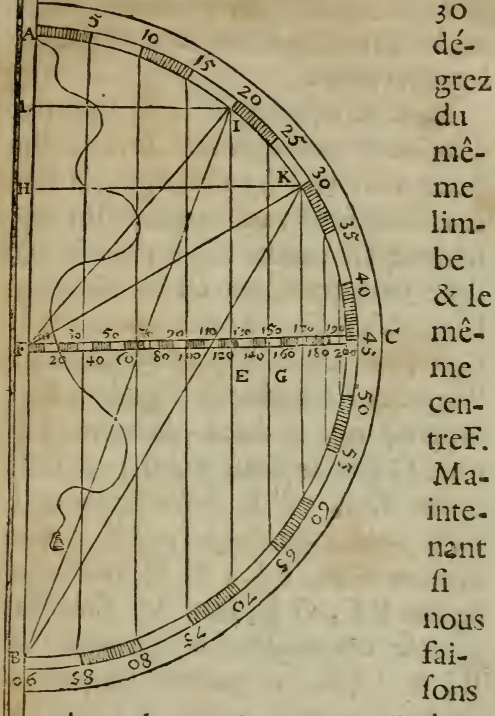
Démonstration d'un autre instrument sans le beſoin des ſinus.

le nom d'un *inſtrument ſans le beſoin de ſinus*. Il faut ſe ſouvenir qu'après avoir diviſé ſon demi-cercle ſeulement en 90 parties égales comme le précédent, de chacune leſquelles il mene des lignes paralleles au diametre qu'il appelle des Guides; & après avoir partagé le demi-diametre perpendiculaire en un très grand nombre de parties; il dit que les amplitudes des Paraboles tirées ſous les angles répondans aux dégrez marquez dans le limbe, ſont entr'elles comme les nombres des parties du demi-diametre perpendiculaire compriſes entre le centre du cercle & les Guides qui viennent des dégrez de l'élévation. C'eſt-à-dire que l'amplitude de la Parabole tirée ſous l'angle de 20 dégrez eſt à l'amplitude de celle qui eſt faite ſous l'angle de 30 dég., comme 128 $\frac{1}{2}$, qui eſt le nombre des parties du demi-diametre F C diviſé en 200, compriſes entre IE guide des 20 dégrez du limbe & le centre F, eſt à 172 nombre des mêmes parties compriſes entre KH guide des

30

LIV. IV. CHAP. III.

Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des sinus.



30 dégrez du même limbe & le même centre F. Maintenant si nous faisons voir que les parties contenuës dans l'étenduë EF sont aux parties contenuës dans l'étenduë GF, comme le sinus du double de l'angle de l'élévation de 20 dég. est au sinus du double de celui de 30 dég.; nous pourrons

LIV. IV. CHAP. III.

Dé-mon-ſtration d'un autre inſtrument ſans le beſoin des ſinus.

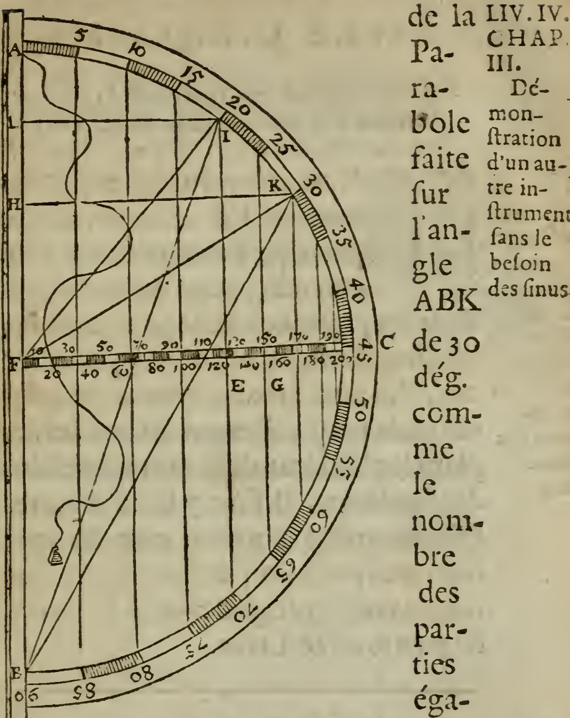
dire que les amplitudes ſeront comme les ſinus du double des angles de leur élévation.

Pour le démontrer il ne faut que conſidérer que le plomb tombant du point A ſur I où il y a 20 dég., la piéce eſt êlevée ſuivant l'angle ABI ; ainſi lors-qu'il tombe ſur le point K où il y a 30 dégrez, elle eſt êlevée ſelon l'angle A B K. Et que la droite I L tirée parallele à F C eſt le ſinus de l'angle A F I double de l'angle A B I, ſuppoſé que le demi-diametre A F ou F C ſoit le ſinus total ; ainſi la droite K H eſt le ſinus de l'angle AFK double de l'angle A B K. Ces droites donc I L ; K H ou leurs égales E F, G F, ſont les ſinus du double des angles des élévations A B I & A B K ; & partant les parties égales compriſes dans la droite E F, ſont aux parties égales contenuës dans G F, comme les mêmes ſinus, Mais nous avons ſuppoſé que l'amplitude de la Parabole faite ſur l'angle ABI de 20 dég. êtoit à l'amplitude

de

LIV. IV. CHAP. III.

Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des sinus.



de la Parabole faite sur l'angle ABK de 30 dég. comme le nombre des parties égales de la droite E F, est à celui des parties de la ligne G F. Donc ces mêmes amplitudes sont entr'elles comme les sinus du double des angles de leurs inclinations.

LIV. V.

LIVRE CINQUIEME.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étenduë n'est pas au niveau des batteries.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étenduë n'est pas au niveau des batteries.

JE ne m'arrêterai point davantage sur ce sujet; car ce principe étant une fois bien entendu, tout ce qui se dit dans les pratiques sur le sujet des portées horizontales en toutes sortes de cas, lui peut être facilement rapporté: mais pour celles qui se font sur des plans inclinez au-dessus ou au-dessous de l'horizon, il faut y faire d'autres raisonnemens, avant que d'entrer dans l'explication des pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce Livre.

CHAP. I.

CHAPITRE I.

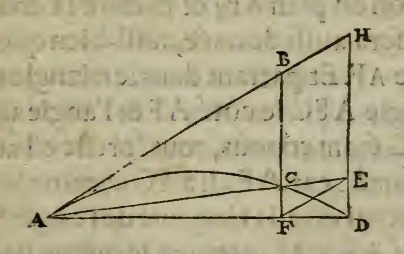
Pour la portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

GAlilée n'a rien dit de particulier sur cette matiere; mais Torricelli

celli considérant que l'on a quelquefois besoin pour l'usage de l'Artillerie, de savoir à quelle distance un coup peut porter sur un plan incliné ? ou à quel point d'une hauteur perpendiculaire, un coup de Canon ou de Bombe peut arriver suivant une élévation déterminée ? à raisonné de cette maniére.

Pour la portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

Soit, dit-il, A D l'amplitude horizontale d'une Parabole A C D décrite par un boulet ou par une Bombe tirée suivant l'angle de l'inclination D A B; & soit le plan incliné sur l'horizon A E. Pour savoir à quel point le boulet rencontrera le plan incliné



comme en C, & connoître la longueur A C & la hauteur perpendiculaire C F;

 il

LIV. V. CHAP. I.

Pour la portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

il faut du point D élever la perpendiculaire DH, à laquelle la ligne FCB doit être parallele, passant par le point C, où l'on propose que le plan incliné AE est rencontré par la ligne parabolique ACD; puis mener la droite EF, laquelle par ce qui a été démontré par Archimede, sera parallele à AH tangente de la Parabole au point A. Et partant AD sera à DF, comme HD à DE; mais les trois lignes AD, HD, DE sont connuës; car AD est l'amplitude de la Parabole donnée ACD; HD & DE sont les tangentes des angles donnés DAH qui est celui de l'inclination du mortier ou de la piéce, & DAE qui est celui de l'inclination du plan AE; & partant la droite DF sera aussi donnée, aussi-bien que la ligne AF. Et partant dans le triangle rectangle AFC le côté AF & l'angle aigu FAC étant connûs, tout le reste est aussi connû : car AF est à FC comme le sinus total est à la tangente de l'angle FAC; & AF à AC comme le même sinus total est à la sécante du même angle.

Où l'on voit la raison des pratiques que nous avons enseignées au 2 Chap.

du 3 livre de la 2 partie, lors-que pour trouver la longueur inclinée AC ou la hauteur perpendiculaire FC à laquelle le boulet arriveroit poussé suivant l'inclination DAB, nous avons fait deux régles de Trois. Dans la premiére le 1 terme étoit la tangente de l'angle de l'inclination de la piéce DAH c'est-à-dire DH, le second étoit la tangente de l'angle de l'inclination du plan DAE c'est-à-dire DE, le 3me êtoit l'amplitude AD de la Parabole donnée; & pour 4me nous avons eu la longueur DF, laquelle étant ôtée de la toute AD, nous a fait connoître le reste AF. L'autre régle de Trois avoit pour premier terme le sinus total, pour second la sécante de l'angle de l'inclination du plan, & la longueur horizontale AF pour 3me; afin d'avoir pour 4me la longueur du plan incliné AC que nous demandions. Si au lieu de la sécante de l'angle de l'inclination du plan FAC, nous avioñs pris pour 2 terme de nôtre seconde régle de Trois, la tangente du même angle, nous aurions eu pour 4me terme la hauteur

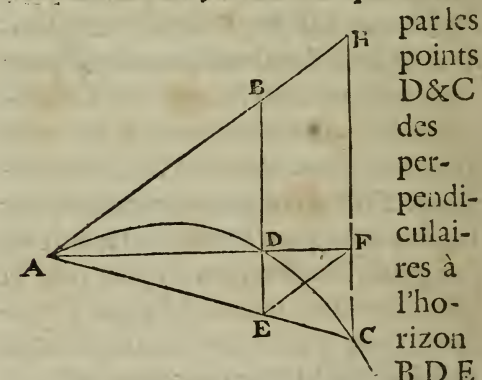
LIV. V. CHAP. I.

Pour la portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

perpendiculaire F C, à laquelle la bombe ou le boulet seroit arrivé.

Pour la portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

C'est presque le même raisonnement pour les coups qui portent sur des plans inclinez au-dessous de l'horizon. Comme si A D est l'amplitude de la parabole faite sous l'inclination DAB & continuée en C où elle rencontre le plan A E incliné sous l'horizon A D; il ne faut que mener



par les points D&C des perpendiculaires à l'horizon B D E coupant A E en E, & H F C coupant A D continuée en F; & joindre la droite EF, laquelle sera parallele à A H tangente de la Parabole ADC par ce qui a été démontré par Archimede;

de ; & partant dans les triangles semblables ADB & EDF la droite B D tangente de l'angle donné D A B qui est celui de l'inclination de la piéce, est à D E tangente de l'angle aussi donné DAE de l'inclination du plan AE, comme A D qui est l'amplitude horizontale de la Parabole donnée A D C & par conséquent aussi donnée, est à DF, laquelle ajoûtée à AD donne la toute A F. Maintenant A F étant à A C comme le sinus total est à la sécante de l'angle donné FAC : & AF à FC comme le même sinus total est à la tangente du même angle ; il paroît que la longueur A C du plan incliné à laquelle le boulet ou la bombe arrivera, est donnée, aussi-bien que la profondeur perpendiculaire F C.

Pour la portée sur un plan incliné d'une piéce pointée sous un angle donné.

Ce raisonnement est le fondement de nôtre pratique dans laquelle : pour trouver les mêmes longueurs , nous avons fait deux régles de Trois, la premiére pour trouver la droite A F ; en faisant que comme la tangente de

LIV. V. CHAP. I.

Pour la portée ſur un plan incliné d'une piéce pointée ſous un angle donné.

l'angle de l'inclination de la piéce ou du mortier eſt à la tangente de l'angle de l'inclination du plan, ainſi l'amplitude horizontale de la parabole eſt à une autre: car cette quatriéme quantité étant ajoûtée à la même amplitude, nous donne la longueur horizontale A F. Dans la ſeconde régle de Trois, nous avons fait que comme le ſinus total eſt à la ſécante de l'angle de l'inclination du plan, (pour trouver la longueur du plan incliné;) ou à la tangente du mêmeangle, (pour avoir ſa profondeur perpendiculaire;) ainſi la longueur horizontale A F eſt à une autre: car au premier cas il vient la longueur A C, & au ſecond cas la hauteur perpendiculaire FC, pour quatriéme terme.

CHAPITRE II.

Pour la portée de but en blanc d'une piéce élevée au-deſſus du plan horizontal.

LA pratique que nous avons enſeignée au premier Chapitre du troi-

troisiéme Livre de la seconde partie, pour connoître la portée sur le niveau d'une piéce plus haute que l'horizon, & pointée comme on dit de but en blanc, laquelle n'est autre par cette méthode que le double de la moïenne Géometrique entre la moitié de la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire de la piéce, dépend de cette proposition.

LIV. V. CHAP. II. Pour la portée de but en blanc d'une piéce élevée au-dessus du plan horizontal.

Soit la piéce en B au-dessus de l'horizon AK à la hauteur perpendiculaire AB, & pointée suivant la direction horizontale BH. Si nous concevons que la force de l'impulsion du boulet soit mesurée par une perpendiculaire comme BI, ensorte que cette force soit la même que celle que le boulet auroit aquise en B en tombant du point I; l'on sait par ce qui a été démontré par Galilée que le boulet tombé du point I en B, changeant le mouvement perpendiculaire & accéléré de sa chûte en mouvement horizontal & égal comme par

LIV. V. CHAP. II.

Pour la portée de but en blanc d'une piéce élevée au-dessus du plan horizontal.

la droite B H, sera au long de cette droite avec le dégré de vîtesse aquise en B, un chemin comme B H double de B I dans un tems égal à celui qu'il a mis à parcourir B I en tombant du point de repos I. Ainsi si nous prenons B E au-dessous de B égale à B I, nous verrons que dans le tems que le boulet sortant, de la piéce en B descendra perpendiculairement par le mouvement de sa pésanteur au long de la droite B E, il parcourra par le mouvement de la force imprimée l'espace B H ou E D double de la même B E; & que par le mouvement composé des deux impressions, il décrira la ligne Parabolique B C D, dont l'ordonnée E D sera double de l'axe E B. Et cette Parabole coupant l'horizontale A K au point C, le quarré de l'ordonnée E D sera au quarré de l'ordonnée A C, comme E B, c'est-à-dire la moitié de E D, est à hauteur perpendiculaire A B. Mais prenant B G moïenne Géometrique entre E B & B A, le quarré E B est au quarré

quarré B G, comme la même E B est à AB. Donc le quarré ED est au quarré A C comme le quarré EB est au quarré GB & la ligne ED à AC comme EB à BG & en permutant; c'est-à-dire que E D étant double de E B; AC sera aussi double de B G. Mais ED est égale à la plus grande portée de la piéce; car si l'on êleve la piéce posée en B suivant l'angle demi droit HBL, la portée sera BH double de B I ou BE. Et partant pour avoir la longueur horizontale A C, il ne faut que décrire un cercle sur le diametre BE égal à la moitié de la plus grande portée, & mener BG au point G où le cercle coupe l'horizontale A K; car le double de B G sera la droite A C que l'on demande. Pour avoir la même longueur en nombres, il faut multiplier la moitié de la plus grande portée par la hau-

LIV. V. CHAP. II.

Pour la portée de but en blanc d'une piéce élevée au-dessus du plan horizontal.

I M L F B H A G C K E D

LIV. V. CHAP. III.

hauteur perpendiculaire de l'ame de la piéce au-dessus du niveau de la campagne, & prendre le double de la racine quarrée.

CHAPITRE III.

Sentiment du R. P. de Challes pour les portées sur des plans inclinez.

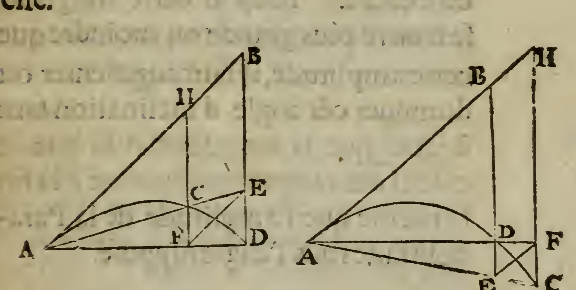
CHAP. III. Sentiment du R. P. de Challes pour les portées sur des plans inclinés.

VOilà tout ce que Torricelli nous enseigne sur cette matiére. Mais le R. P. de Challes Jesuite raisonnant dans sa Pyrotechnie sur la doctrine de ce Géometre que nous venons d'expliquer au sujet des portées qui se font sur des plans inclinez, dit avec raison qu'en fait d'Artillerie la proposition de Torricelli n'est pas d'un usage si nénessaire ni si frequent que sa converse. C'est-à-dire que l'on a bien plus souvent besoin de savoir quelle êlévation l'on doit donner à la piéce ou au mortier pour tirer dans des lieux plus hauts ou plus bas que le niveau des batteries & dont les distances sont connuës que l'on n'a de savoir à quelle hauteur ou à quel-

quelle diſtance d'un plan êlevé ou abaiſſé ſous le même niveau, un boulet ou une bombe tirée ſuivant une inclination donnée peut fraper? Ainſi dans les mêmes figures de Torricelli, il eſt ſouvent à propos de ſavoir quel doit être l'angle de l'élévation de la piéce ou du mortier D A B pour faire paſſer la bombe ou le boulet par le point C élevé ou abaiſſé ſous l'horizon A D dans une diſtance connuë. Ce qui au raport du R. P. de Challes eſt très facile.

LIV. V. CHAP. III.

Sentiment du R. P. de Challes pour les portées ſur des plans inclinés.



Car ſuppoſant que l'on connoiſſe les lignes A F: F C: & l'angle F A C. Il ne faut, dit-il, que prendre pour l'élévation de la piéce ou du mortier tel angle que l'on jugera par l'eſtime être

le

LIV. V. CHAP. III.

Sentiment du R. P. de Challes pour les portées sur des plans inclinés.

le plus approchant de celui que l'on demande ; & sur cette position rechercher par la régle de Torricelli, c'est-à-dire par les proportions des tangentes, quelle est la longueur de la ligne AD ? qui se trouvant conforme à l'amplitude de la Parabole qui se fait sous l'angle de l'inclination que l'on a prise, & que l'on trouve dans les tables de Galilée ou de Torricelli; fait voir que c'est justement sous cét angle que la piéce ou le mortier doit être êlevé. Mais si cette longueur se trouve plus grande ou moindre que cette amplitude, il faut augmenter ou diminuer cét angle d'inclination tant de fois que la longueur AC par le calcul des tangentes devienne à la fin la même que l'amplitude de la Parabole faite sous l'angle supposé.

CHAPITRE IV.

LIV. V. CHAP. IV. Probleme proposé pour les portées sur les plans inclinés.

Probleme proposé pour les portées sur plans inclinez.

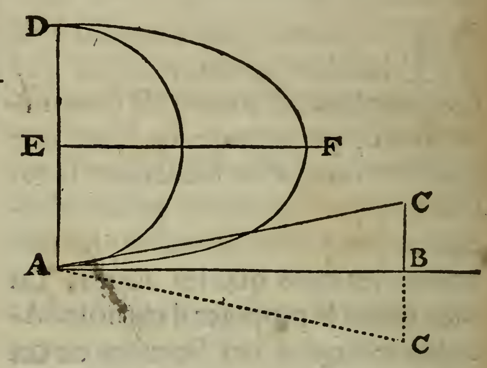
MAis comme cette maniére de chercher en tatonant est peu Géometrique, j'ai travaillé moi-même sur ce probleme : & quoi que j'en aye trouvé assez facilement la résolution par l'analyse ; parce néanmoins qu'il y a des maniéres plus élégantes les unes que les autres, j'ai bien voulu le proposer dans nôtre Academie Royale des Sciences en ces termes.

Le Triangle ABC, dont la base AB est parallele à l'horizon, étant donné, & la demi ellipse AFD donnée, dont le petit Axe AD perpendiculaire à AB est égal a la moitié du grand axe EF. Trouver la Parabole qui passe par les points donnez A & C, & dont le sommet soit dans la ligne elliptique AFD. C'est-à-dire qu'ayant à jetter une bombe du point A sur le point C élevé sur l'horizon AB ou abaissé au-dessous ; il faut trouver l'angle de l'in-

LIV. V. CHAP. IV.

Problême proposé pour les portées sur les plans inclinés.

l'inclination du mortier, qui la chaſſant, lui faſſe décrire une parabole qui paſſe par le point C. Et comme l'on ſuppoſe que la charge du mortier eſt



toûjours la même, & qu'il a été démontré ailleurs que toutes les paraboles, partant d'un même point avec même force en toutes ſortes d'élévation, ont leur ſommet dans une ellipſe dont le grand axe eſt quadruple du petit; l'on voit la raiſon que j'ai euë de propoſer ce problême comme il eſt dans la ſimplicité de ſes conditions.

CHA-

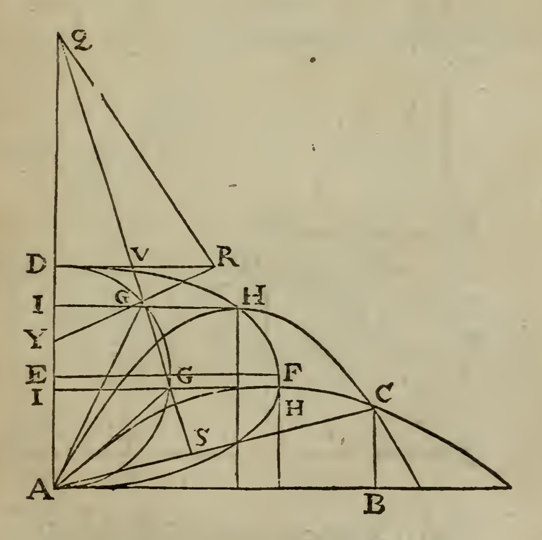
LIVR. V. CHAP. V.

CHAPITRE V.

Résolution du problême par Monsieur Buot.

Résolution du problême par Mr. Buot.

MOnsieur Buot a le premier apporté cette résolution. Ayant mené du point D la droite DR, paralele & égale à la moitié de AB & partagée en deux également en V; & pris sur AD la portion DY égale à BC

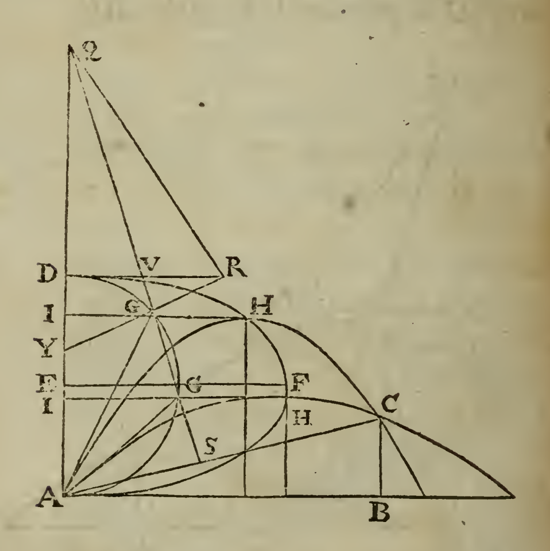


& mené YR; il éleve au point R la

LIVR. V. CHAP. V.

Résolution du probleme par Mr. Buot.

R la droite R Q perpendiculaire à Y R qui rencontre la ligne A D prolongée en Q; d'où par le point V, il tire la droite Q G S laquelle touchera ou coupera le demi-cercle, fait sur le diametre A D, aux points G G si le probleme est possible, par lesquels menant les droites I G H paralleles à



AB & rencontrant l'Ellipse en H; elles donneront les points H H pour som-

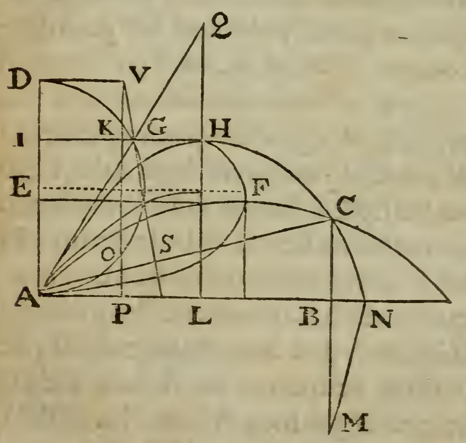
fommets des Paraboles qui pafferont par A & C & dont le parametre fera le quadruple de la ligne I D. LIV. V. CHAP. V.

CHAPITRE VI.

Réfolution du probleme par Monfieur Rômer. LIV. V. CHAP. VI.

Réfolution du probleme par Mr. Romer.

MOnfieur Rômer voïant par cette figure que la droite D V eft le quart de AB, & V S perpendiculaire à A C; en a de beaucoup abrégé



la conftruction. Car il ne fait que mener du point D la droite D V paral-

LIV. V. CHAP. VI.

Résolution du problême par Mr. Romer.

rallele & égale au quart de la ligne AB, & du point V abaisser la droite VS perpendiculaire sur AC; car cette droite touchera ou coupera le demi-cercle dont le diametre est AD en des points comme G, par lesquels en menant des paralleles à AB jusqu'à l'ellipse, elles y marqueront en H le sommet des Paraboles.

Sa démonstration est fort aisée ; supposant la Parabole décrite AHN dont le sommet est H & l'axe HL, auquel du point V il mene VP parallele coupant IGH en K, AC en O & AB en P ; & continuant la droite CB, il prend BM, égale au quadruple de ID & mene la ligne MN. Puis il dit, l'axe de l'ellipse EF êtant double du demi-diametre du cercle ED, la droite IH ou AL sera aussi double de IG ; & le quarré de AL quadruple du quarré le IG, c'est-à-dire du rectangle AID ; & partant le quarré de AL sera égal au rectangle sous AI ou HL & BM quadruple de ID. Maintenant les deux triangles rectangles VSO : V

KG :

K G : ayant l'angle V commun, ſont ſemblables ; auſſi bien que les deux triangles rectangles V S O : A P O qui ont les angles égaux au ſommet O ; & partant les deux V K G, A P O ou A B C ſont auſſi ſemblables : deplus comme la toute A N eſt quadruple de I G, ainſi que la retranchée A B quadruple de D V ou I K ; le reſte B N ſera auſſi quadruple du reſte K G. Et comme B M eſt auſſi quadruple de I D ou K V : dans les deux triangles rectangles M B N, V K G, la droite B M ſera à B N comme V K à K G. Mais comme V K eſt à K G, ainſi A B eſt à B C ; donc A B eſt à B C comme B M eſt à B N. Et partant les deux rectangles A B N, C B M ſont égaux. Mais nous avons fait voir que le quarré A L c'eſt-à-dire le rectangle A L N étoit auſſi égal au rectangle H L, B M : donc en permutant le rectangle A L N ſera au rectangle A B N, comme le rectangle H L, B M eſt à C B M, c'eſt-à-dire comme la droite H L eſt à C B ; & partant comme il a été démontré par Archimede, la parabole

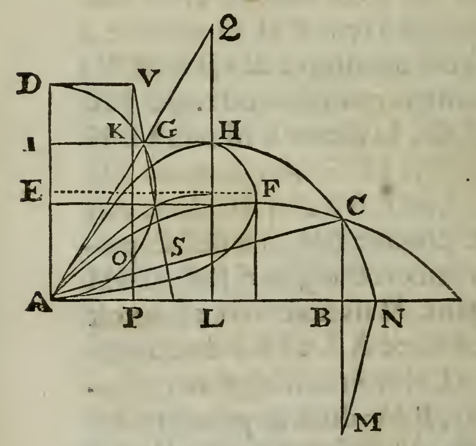
LIV. V. CHAP. VI.

Réſolution du problême par Mr. Rômer.

LIV. V. CHAP. VI. Résolution du problême par Mr. Rômer.

AHN dont le sommet est dans l'Ellipse en H & le parametre quadruple de la ligne ID, passera par le point donné C.

L'on peut voir que AG est la touchante en A de la même Parabole AGN. Car étant continuée en Q, où elle rencontre l'axe LH prolongé, H



G étant égale à IG dans les triangles semblables QHG, AIG; AI ou HL sera aussi égale à HQ.

CHA-

CHAPITRE VII.

Résolution du probléme par Monsieur de la Hire.

LIV. V. CHAP. VII. Résolution du probléme par Mr. de la Hire.

MOnsieur de la Hire après avoir vû par les termes de la proposition que la droite donnée A D est égale à l'axe H L ou AI de la Parabole que l'on cherche & au quart de son parametre, a envoyé cette élégante & facile solution à l'Académie.

Ayant du point D, mené la droite D G parallele à A B & rencontrant la droite B C prolongée en G, puis du point A & de l'intervalle A D décrit un arc de cercle D M *m*, & du point C & de l'intervalle C G un autre arc G M *m*, (qui se couperont en deux points comme M *m* si le probléme à deux solutions, ou se toucheront s'il n'en a qu'une, ou ne se rencontreront point s'il est impossible.) Il dit que les points de leur rencontre M *m*, seront les foyers des Paraboles que l'on demande; ensorte que menant par ces points les droites KML, *kml* paralleles à A D, & coupant K M, *km*

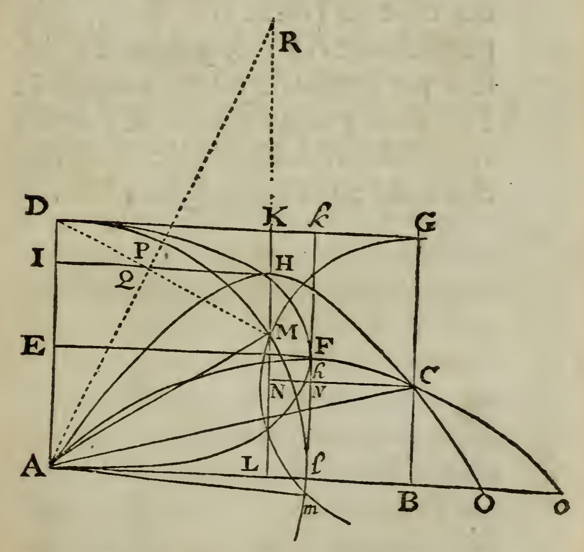
LIV. V. CHAP. VII.

Réfolution du probleme par Mr. de la Hire.

en deux également en H,h ; ces points feront les fommets des paraboles AH CO, A *h* C *o* qui du point A pafferont par C & auront le quadruple de K H : *kh* : pour parametres.

Quoi que cette proprieté de la Parabole ait été démontrée par d'autres; à caufe néanmoins que la démonftration peut donner une connoiffance plus parfaite de cette matiére, j'ai bien voulu la raporter en cét endroit. Parce que la droite tirée du point A en M, où les cercles fe coupent, eft égale à A D, leurs quarrez feront auffi égaux ; mais le quarré A D où K L eft égal aux deux quarrez KM, M L. & a deux fois le rectangle K ML ; & le quarré A M eft égal aux deux quar. A L, ML. Otant le quarré ML commun; le quarré A L fera égal au quarré K M, c'eft-à-dire à quatre quarrez HM, & à deux rectangles KML c'eft-à-dire à quatre rectangles H M L ; mais quatre quarrez H M & quatre rectangles HML font égaux à quatre rectangles LHM ou LHK ; donc le quarré A L

AL est égal à quatre rectangles L H K. Par la même raison nous démontrerons que le quarré de l'ordonnée CN au même axe H L est égal à quatre rectangles NHK ; & partant dans la Parabole dont le sommet est H, l'axe H L égal à AI, & les ordon- LIV. V. CHAP. VII.



nées A L & C N : le parametre est quadruple de KH ou I D.

Je dis de plus que coupant l'arc D

LIV. V. CHAP. VII.

Résolution du probleme par Mr. de la Hire.

M en deux également en P, la droite A P R sera la tangente en A de la Parabole AHO: Car ayant mené la corde du même arc DM elle sera coupée en deux également en Q tant par la droite HI, (à cause des triangles semblables D Q I, HQM & de l'égalité des côtez D I ou K H & H M, (que par la droite A P: & partant A P passera par le point Q où elle coupera H I en deux parties égales: & dans les triangles semblables AQI: RQH, la droite AI ou H L sera égale à H R.

CHA-

LIVRE SIXIEME.

Démonstration des pratiques par les Sinus.

CHAPITRE PREMIER
Démonstration de la premiére pratique par les sinus.

CHAP. I. Démonstration de la premiére pratique par les sinus.

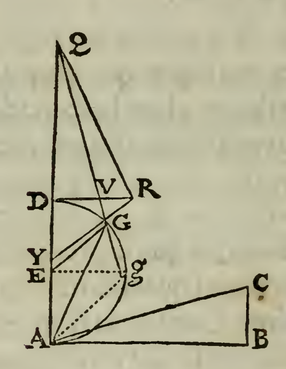
POur venir maintenant à l'explication des pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce Livre au sujet des portées qui se font sur des plans inclinez au-dessus ou au-dessous du niveau des Batteries; nous dirons que la premiére de toutes, raportée au quatriéme Chapitre du troisiéme Livre de la seconde partie, est celle qui se fait en divisant le quarré de la moitié de la distance horizontale par la hauteur perpendiculaire, & ajoûtant au quotient le quart de la plus grande portée, pour faire en-suite par une régle de Trois que comme ce quart est à cette somme, ainsi le sinus de l'inclination du plan est à une autre; laquelle nous donnera le sinus d'un angle, auquel si nous

LIV. VI. CHAP. I.

Démonſtration de la premiére pratique par les ſinus.

ajoûtons le même angle de l'inclination du plan ; la moitié de la ſomme des deux nous donnera l'angle de la poſition du mortier que nous demandions.

Cette premiére pratique, dis-je, eſt fondée ſur la figure de Mr. Buot dont nous avons parlé ci-devant, dans laquelle la droite D R étant la moitié de la diſtance horizontale A B, & D V moitié de D R ; la ligne D V eſt le quart de AB ; & le rectangle ABDV eſt égal au quarré DR : mais l'angle YRQ étant droit, le même quarré D R eſt égal au rectangle Y D Q, c'eſt-à-dire au rectangle Q D : B C :, (car D Y a été priſe égale à B C.) Donc les deux rectangles A B, D V, & Q D



QD, BC sont égaux, & partant AB est à BC comme QD est à DV; & les angles aux points D & B étant droits, les triangles ABC: QDV sont semblables, & l'angle DQV égal à l'angle du plan BAC.

Démonstration de la premiére pratique par les sinus.

Maintenant le quarré DR étant égal au rectangle QD, BC; si je divise le quarré DR moitié de la longueur horizontale AB par la hauteur perpendiculaire BC? j'aurai la droite QD; à quoi si j'ajoûte la longueur ED, qui est le quart de la plus grande portée, il me viendra la toute EQ; & faisant dans le triangle QEG que comme EG le quart de la plus grande portée est à la toute EQ, ainsi le sinus de l'angle EQG égal à l'angle du plan est à un autre, j'aurai le sinus de l'angle EGQ, qui avec l'angle du plan EQG est égal à l'angle AEG; & celui-ci, étant au centre, est double de l'angle à la circonférence ADG ou de son

 égal

LIV. VI. CHAP. I. égal B A G; il paroit donc qu'il ne faut que prendre la moitié de la somme des deux angles D Q G & E G Q pour avoir l'angle BAG qui est celui de la position du mortier que l'on recherche.

Demonstration premiére de la pratique par les sinus.

CHAPITRE II.

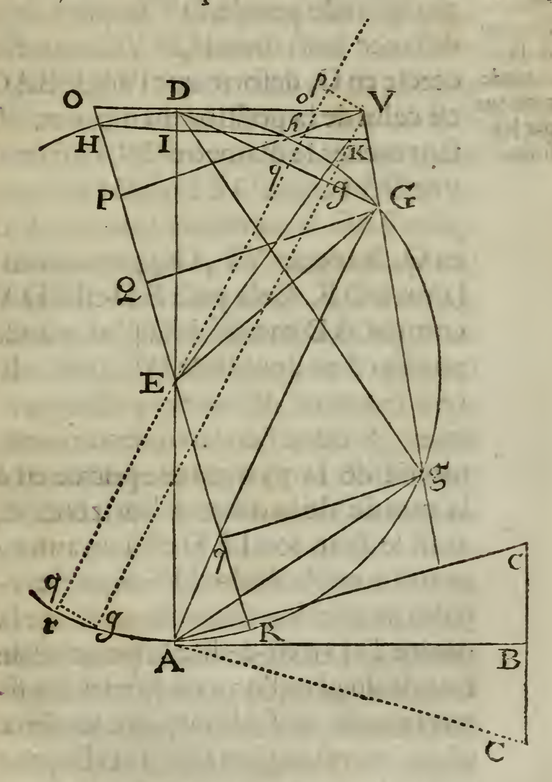
Démonstration de la seconde pratique par les sinus.

CHAP. II.

Démonstration de la seconde pratique par les sinus.

LA seconde est de Mr. Rômer raportée au cinquiéme Chapitre du troisiéme livre de la seconde partie. Elle ordonne que l'on fasse que comme la moitié de la plus grande portée est à la moitié de la distance horizontale, ainsi le sinus total soit à un autre; auquel il faut ajoûter la tangente de l'angle du plan lors-que l'inclination est sur l'horizon. Puis faire que comme le sinus total est au sinus du complement de l'angle du plan, ainsi cette somme soit à une autre, qui sera le sinus d'un autre angle; auquel si l'on ajoûte l'angle du plan, l'on aura le double de celui de la position du mor-

mortier que l'on demande. Si l'inclinaison est au-dessous il faut ôter ce que l'on ajoûte lors-qu'elle est au-dessus. LIV. VI. CHAP. II.



La démonstration s'en voit dans

 cette

LIV. VI. CHAP. II.

Démonstration de la seconde pratique par les sinus.

cette figure, dans laquelle A D diametre du cercle perpendiculaire à l'horizon est toûjours la moitié de la plus grande portée, D V le quart de la distance horizontale, & V G coupe le cercle en G, desorte que l'angle BAG est celui de la position du mortier. Il faut mener le diametre O R faisant avec DA l'angle O E D égal à celui du plan BAC & continuer la droite VD en O; & mener VP, GQ perpendiculaires à O R. Cela posé E D est à D V comme AD moitié de la plus grande portée est au double de DV c'est-à-dire à la moitié de la distance horizontale. Si donc l'on fait que comme la moitié de la plus grande portée est à la moitié de la distance horizontale, ainsi le sinus total E D est à un autre; nous aurons la droite DV en parties égales à celles des sinus, & ajoûtant la droite D O c'est-à-dire la tangente de l'angle du plan, l'on a en parties des sinus la toute OV. Maintenant les deux triangles rectangles OPV, ODE ayant un angle commun au point O sont

sem-

semblables, & l'angle O V P est égal à O E D c'est-à-dire à l'angle du plan. Deplus si dans le triangle rectangle V P O nous prenons V P pour sinus total, V O sera la sécante de l'angle O V P : mais comme la sécante d'un angle est au sinus total, ainsi le sinus total est au sinus du complement du même angle; si donc nous faisons que comme le sinus total est au sinus du complement de l'angle du plan; ainsi O V est à un autre, nous aurons la droite V P & son égale G Q sinus de l'angle G E R ; auquel ajoûtant l'angle du plan A E R, il vient l'angle du centre A E G double de l'angle à la circonférence A D G ou de son égal B A G qui est celui que l'on recherche.

LIV. VI. CHAP. II.

Démonstration de la seconde pratique par les sinus.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon, il faudroit mener la droite *o* E *r* de l'autre part, & lui tirer les perpendiculaires V *p*: & *g q* : puis ayant trouvé la droite D V en ôter D *o* tangente de l'angle du plan D E *o*, & par le moïen du reste *o* V trouver la droite

LIV. VI. CHAP. II.

V *p* ou *g q* ſinus de l'angle *r* E*g*; d'où ôtant le même angle du plan A E *r*, il reſte l'angle AE*g* double de BA*g*: que l'on recherche pour la poſition du mortier.

CHAPITRE III.

Démonſtration de la troiſiéme pratique par les ſinus.

CHAP. III. Démonſtration de la troiſiéme pratique par les ſinus.

LA troiſiéme eſt auſſi de Mr. Rômer raportée au ſixiéme Chapitre du troiſiéme livre de la ſeconde partie. Par laquelle il faut multiplier le ſinus du complement de l'angle du plan par la diſtance horizontale, & diviſer le produit par la plus grande portée, pour avoir au quotient un certain nombre; puis ajoûtant à ce nombre le ſinus du même angle du plan s'il eſt incliné ſur l'horizon, ou l'ôtant s'il eſt au-deſſous, l'on aura le ſinus d'un angle; aprés quoi il faut à cét angle ajoûter ou ôter l'angle du plan, pour avoir le double de celui de la poſition du mortier que l'on demande.

mê-

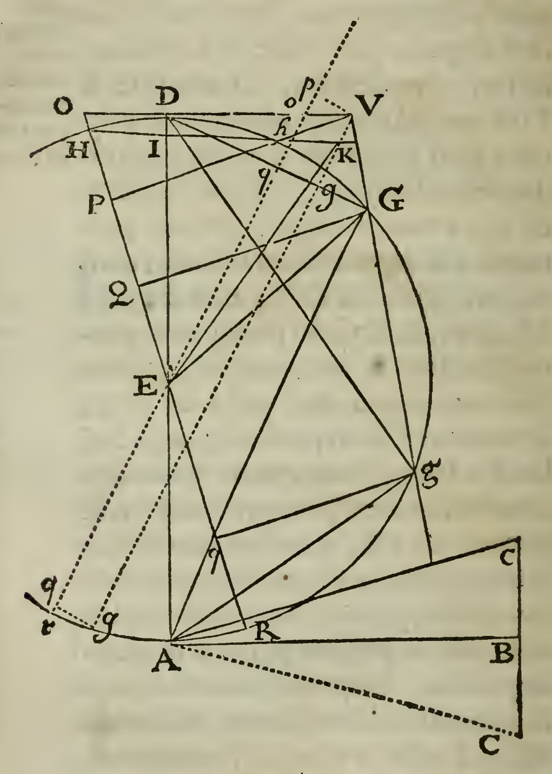
Démonstration de la troisiéme pratique par les sinus.

En voici la démonstration dans la même figure; après avoir mené la droite HIK paralleles à V O, si l'on pose E D sinus total, H I sera le sinus de l'angle du plan HEI, & E I le sinus de son complement. Et comme E D est un quart de la plus grande portée, ainsi que DV le quart de la distance horizontale; il paroit que D E est à DV comme la plus grande portée est à la distance horizontale; mais comme D E est à D V, ainsi E I est à I K, il s'ensuit que la plus grande portée, la distance horizontale, le sinus du complement de l'angle du plan, & la droite I K en parties égales à celles des sinus, sont quatre quantitez continuellement proportionelles; & pour avoir I K, il ne faut que multiplier la distance horizontale par le sinus du complement de l'angle du plan & diviser le produit par la plus grande portée. Deplus si l'on ajoûte à I K la droite I H, c'est-à-dire le sinus du même angle du plan (si l'inclination est sur l'horizon,) l'on aura la toute

HK;

LIV. VI. CHAP. III.

HK; laquelle eſt égale à VP; car O V eſt à HK comme DE ou HE eſt à E I; mais comme H E eſt à EI, ainſi OV



eſt à VP, à cauſe que les triangles HEI ou

ou O E D & O V P sont semblables. Donc O V à même raison à H K & à V P ; & partant H K est égale à V P c'est-à-dire à GQ: g q : sinus de l'angle REG:RE g: auquel angle si l'on ajoûte l'ang. du plan AER, l'on aura l'angle AEG, AE g double de BAG, BA g qui est celui de la position du mortier que l'on demande. C'est la même démonstration lors-que l'inclination du plan est au-dessous de l'horizon.

LIV. VI. CHAP. III. Demonstration de la troisiéme pratique par les sinus.

CHAPITRE IV.

Démonstration de la quatriéme pratique par les sinus.

LA quatriéme pratique raportée au septiéme Chapitre du troisiéme Livre de la seconde partie veut, lors-que le plan est incliné sur l'horizon, que l'on multiplie la différence entre la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire par la même hauteur, & que le produit soit divisé par la longueur du plan incliné ; puis ôtant le Quotient de la même longueur,

CHAP. IV. Démonstration de la quatriéme pratique par les sinus.

gueur,

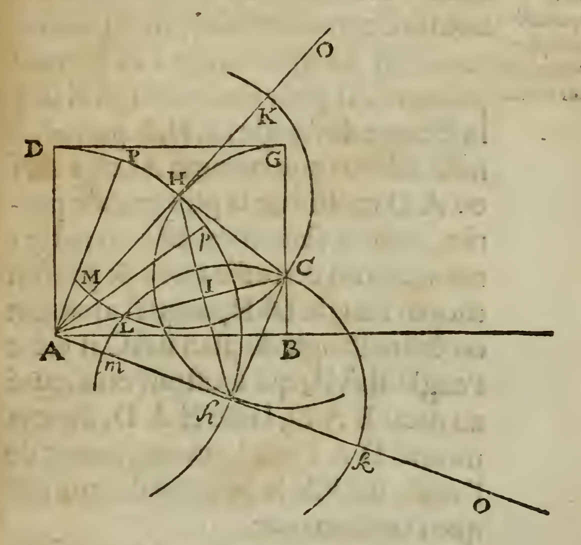
LIV. VI. CHAP. IV.

Démonstration de la quatriéme pratique par les sinus.

gueur, il faut ajoûter la moitié du reste au même quotient, & faire que comme cette somme est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre ; qui sera la sécante d'un angle, auquel ajoûtant ou ôtant l'angle du plan, il vient un autre angle ; lequel ajoûté ou ôté de l'angle droit, produit le double du complement de celui de la position du mortier que l'on demande.

Elle est fondée sur la proposition de Monsieur de la Hire. Soit dans sa figure prolongée la droite AH jusqu'en O, ensorte que HO soit égale à AH ; puis du point H comme centre & de l'intervalle HC, soit fait le cercle KCLM qui coupera AC en L & AO en M & K ; puis du point H soit menée HI perpendiculaire à AC. Cela posé : comme AO est double de AD ou BG, & MK double de HC ou CG ; les droites AM, KO sont chacune égale à BC. Deplus AD étant le plus grand jet perpendiculaire, AO double de AD sera égale à la plus gran-

grande portée, & A K la différence entre la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire B C. Mais comme les deux rectangles K A M C A L



ſont égaux, CA eſt à AK comme A M où ſon égale BC eſt à AL; & partant multipliant K A différence entre la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire par la même hauteur perpendiculaire A M ou B C, & diviſant

LIV. VI. CHAP. IV.

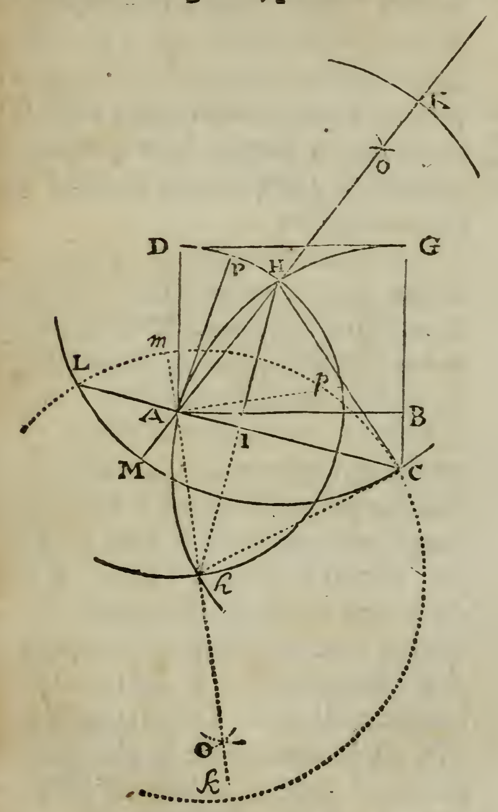
Dé-monstration de la quatriéme pratique par les sinus.

visant le produit par AC longueur du plan incliné; nous aurons la droite AL, laquelle étant ôtée de la même longueur AC, donne le reste LC; dont la moitié LI ajoûtée à la même AL, nous fait connoître la droite AI. Maintenant si dans le triangle IAH nous prenons AI pour sinus total, AH sera la sécante de l'angle IAH; & partant si nous faisons que comme AI est à AH ou AD moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre; nous aurons cette sécante, & par son moïen l'angle IAH, auquel ajoûtant ou ôtant l'angle du plan BAC, il vient l'angle BAH; qui soustrait ou ajoûté au droit BAD, laisse HAD, dont la moitié DAP est le complement de l'angle BAP de la position du mortier que l'on demande.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon, il faudroit, comme nous avons dit, multiplier la somme de la plus grande portée & de la hauteur perpendiculaire par la même hauteur; & diviser le produit par la longueur du

plan

plan incliné; puis ajoûtant le quotient à la même longueur, prendre la moi- LIV. VI. CHAP. IV.



tié de leur somme & en ôter le même quo-

LIV. VI. CHAP. IV.

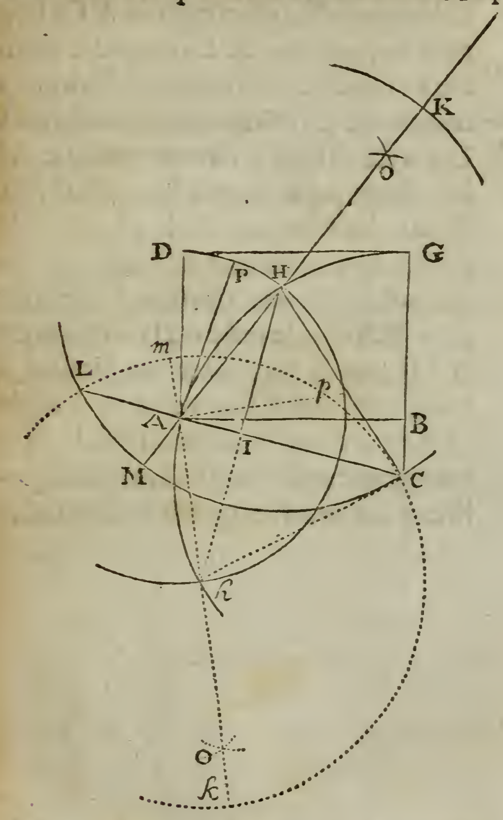
Démonstration de la quatriéme pratique par les sinus.

quotient ; & faire que comme le reste est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total soit à un autre, qui sera la sécante d'un angle ; duquel ôtant ou ajoûtant l'angle du plan, il vient un autre angle, qui ôté ou ajoûté à l'angle droit produit le double du complement de celui que l'on recherche.

La démonstration est presque la même que la précédente ; car dans cette figure où l'angle de l'inclination BAC est sous le niveau des batteries, & où C G demi-diametre de l'arc G H *h* est égal à la somme des deux A D moitié de la plus grande portée & B C hauteur perpendiculaire : ayant prolongé la droite A H de part & d'autre, & pris H O égale à H A, il faut du centre H & de l'intervalle H C décrire l'arc K C M L qui coupera C A prolongée en L, & A H aussi prolongée en M & K. D'où il paroit que AK est la somme de la plus grande portée A O & de la hauteur perpendiculaire O K ou B C ; & qu'à cause

de

de l'égalité des rectangles KAM, C A L: si multipliant A K somme de la LIV. VI. CHAP. IV.



plus grande portée & de la hauteur

per-

LIV. VI. CHAP. IV.

Démonstration de la quatriéme pratique par les sinus.

perpendiculaire par la même hauteur AM ou BC, l'on divise le produit par la longueur du plan incliné A C, l'on aura la longueur A L; laquelle ajoûtée à la même AC donne CL, dont la moitié est L I; d'où ôtant la même A L, il reste AI qui, dans le triangle AI H, étant prise pour le sinus total, A H ou A D moitié de la plus grande portée sera la sécante de l'angle IAH; duquel ôtant ou ajoûtant l'angle du plan BAC, le reste où la somme est B AH, qu'il faut ôter ou ajoûter à l'angle droit BAD pour avoir l'angle D A H, dont la moitié D A P est le complement de l'angle BAP de la position du mortier que l'on demande.

LIVRE SEPTIEME.

Démonſtration des pratiques par les inſtrumens.

Dé-mon-ſtration des pra-tiques par lés inſtru-mens.

CHAPITRE PREMIER.

Démonſtration de la premiére pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifié.

CHAP. I.

Dé-mon-ſtration de la pre-miére pratique par le de-mi-cer-cle de Torri-celli re-ctifié.

LA cinquiéme pratique, raportée au huitiéme Chapitre du troiſiéme livre de la ſeconde partie eſt l'uſage du demi-cercle de Torricelli, auquel Mr Rômer a ſeulement ajoûté au point inférieur du diametre D, une régle D B égale, ſemblablement diviſée, & parallele au demi-diametre E F, avec un filet qui coulant au long de la même D B, puiſſe s'étendre par tout le demi-cercle. L'uſage eſt tel; il faut du point A conter ſur le limbe le nombre de dégrez contenus dans l'angle donné de l'inclination du plan, comme l'arc A M, & apliquant le filet du point D en M, voir qu'il coupe le demi-diametre E F comme en H, & conter le nombre des parties contenuës

Dé-mon-ſtration de la pre-miére pratique par le de-mi-cer-cle de Torri-celli re-ctifié.

depuis le centre E juſqu'en H. Enſuite il faut prendre ſur D B la longueur D V, enſorte que comme la plus grande portée eſt à la diſtance horizontale propoſée, ainſi EF ou D B ſoit à D V, & ayant pris ſur EF la longueur EI égale à D V, y ajoûter la longueur IL égale à EH pour avoir la toute EL, (ſi l'inclination du plan eſt ſur l'horizon,) ou en ôter la même longueur IN pour avoir le reſte E N (ſi elle eſt ſous l'horizon.) Enfin du point V il faut faire paſſer le filet par les points L ou N & l'étendre ſur le limbe du demi-cercle, qu'il coupera en des points comme en G, Q, lors-que l'inclination eſt au-deſſus,) ou en O, P, (lors-qu'elle eſt au-deſſous ;) qui ſont ceux où il faut que le plomb pendant en A tombe, quand le bras D C eſt dans l'ame du mortier pour le faire porter au lieu ordonné.

Pour l'intelligence de cette pratique, il ne faut que comparer la figure de la propoſition de Mr Rômer que nous avons expliquée ci-devant avec

ce

ce demi-cercle de Torricelli; dans lequel comme il n'y a que 90 dégrez marquez dans toute la circonférence AFD qui en contient 180, il paroît que chacun en vaut deux, c'est-à-dire que l'angle AEM a deux fois plus de dég. qu'il n'y en a de marquez dans l'arc A M: mais l'angle A D M est la moitié de AEM; & partant les dégrés marqués dans l'arc AM sont ceux de l'angle ADM, qui par ce moien est égal à celui de l'inclination du plan proposé. Et comme dans les deux triangles semblables DEH, VIL ou VIN, les deux côtez D E, EH sont égaux au deux VI, IL ou VI, I N; il s'ensuit que les angles EDH, IVL ou IVN sont égaux.

LIV. VII. CHAP. I.

Démonstration de la premiére pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifié.

Maintenant comme D V est quatriéme proportionnelle à ces trois quantités savoir, la plus grande portée, la distance horizontale, & le demi-diametre EF; si nous supposons, que F E soit égale au quart de la plus grande portée, D V sera le quart de la distance horizontale: mais du point V l'on

LIV. VII. CHAP. I.

Démonstration de la premiére pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifié.

a mené la droite V L ou V N faisant avec V I parallele au diametre A D, l'angle I V L ou I V N égal à celui de l'inclination du plan. Donc par la proposition de Mr Rômer, cette ligne coupera le demi-cercle en des points comme G, Q ou O, P, par lesquels si on mene les droites AG, AQ, ou AO, AP & la droite AR parallele à EF, les angles RAG, RAQ, ou RAO: RAP: sont ceux de la position du mortier que l'on recherche. Mais dans le demi-cercle de Torricelli les angles RAG, RAQ, ou RAO, RAP sont égaux respectivement aux angles AD G, ADQ, ou ADO, ADP qui sont ceux de l'inclination du mortier, lorsque le plomb tombe du point A sur les points G, Q, ou O, P; & partant le mortier disposé de cette maniére chassera la bombe au lieu ordonné.

CHA-

CHAPITRE II.

Démonstration des pratiques par un instrument pour toutes sortes de jets.

Démonstration des pratiques par un instrument pour toutes sortes de jets.

LA sixiéme pratique raportée au premier Chapitre du quatriéme Livre de la seconde partie est d'un autre instrument dont nous avons décrit la construction & l'usage tant pour les portées qui se font sur le niveau des batteries, que pour celles qui se doivent faire au-dessus ou au-dessous du même niveau. Elle est fondée sur la proposition de M[r] de la Hire que nous avons expliquée ci-devant.

CHAPITRE III.

Pour les jets qui sont au niveau des batteries.

CHAP. III. Pour les jets qui sont au niveau des batteries.

POur la bien entendre nous parlerons premiérement des coups étendus sur le niveau des batteries rapportés au second Chapitre du même livre : comme si connoissant la portée d'une piéce ou d'un mortier, par ex-

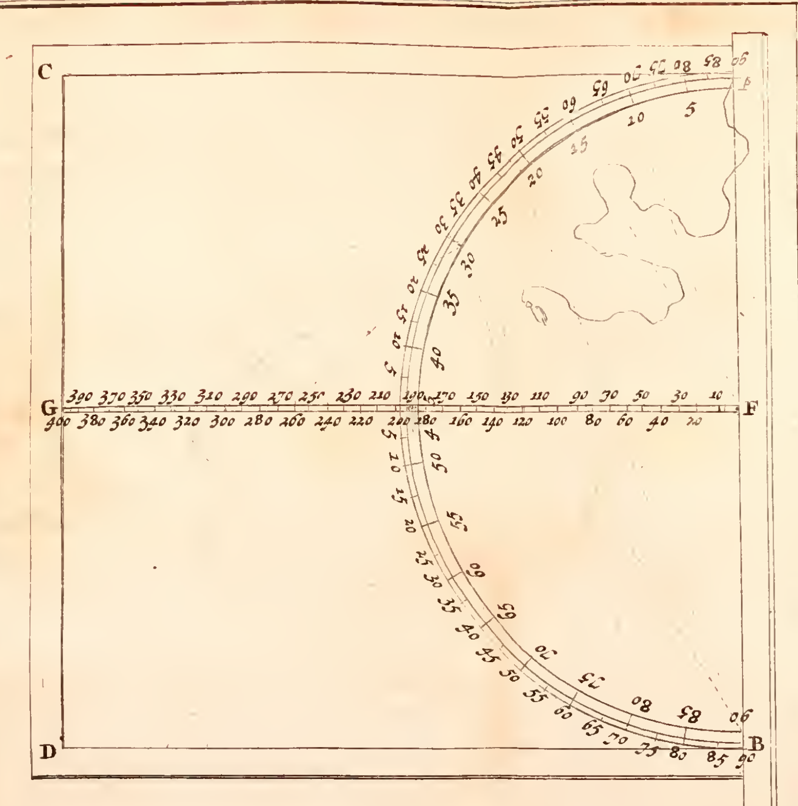
LIV. VII. CHAP. III.

Pour les jets qui sont au niveau des batteries.

emple, de 400 toises sur l'élévation de 21 dég. ; l'on veut savoir quelle sera la portée sous l'êlévation d'un autre angle, comme sous celle de 30 dég. ? il faut ouvrir le compas commun de la grandeur du demi-diametre F A du demi-cercle, & posant un de ses piés sur le point 21 dég. marquez sur le limbe intérieur, voir où de l'autre il coupera la droite F G, qui sera, par exemple, où elle a 266 parties ; puis posant le même pié sur le point de 30 dég. marquez au même limbe & tenant le compas ainsi ouvert, voir où de l'autre pié il rencontrera la même F G, (qui sur cette hypothése sera où elle a 346 part.) En-suite faisant que comme 266 est à 346, ainsi la longueur de 400 to. est à une autre l'on aura 520 to. pour la portée que l'on cherche sous l'élévation de 30 dég.

Ce qui est facile à concevoir si l'on se souvient que par la proposition de Mr de la Hire, le demi-cercle & l'arc fait du centre 346, ayant un même rayon, le point de leur intersection,

qui


C
G
F
D
B
X

LI
C
II

les
qu
au
ve
ba
rie

qui

qui est 30 dégrez, est le foyer d'une Parabole qui passera du point F à celui de 346, & aura pour touchante la droite F 15, où l'arc A 30 est divisé en deux également; ainsi par la même raison le point 21 dégrez de l'intersection du même demi cercle & de l'arc fait du centre 266, est le foyer d'une autre Parabole dont l'amplitude est la droite F 266, & la touchante F 10 ½ dég., où l'arc A 21 dég. est divisé en deux également. C'est-à-dire que supposant que le mortier posé suivant la direction de la touchante F 10 ½ dégrez qui est suivant l'angle AB 21 dég., a chassé à la distance de 266; il chassera à celle de 346, quand on le disposera suivant la direction de la touchante F 15, c'est-à-dire suivant l'angle A B 30: mais comme 266 est à 346, ainsi 400 est à 520 to. Donc s'il a chassé à 400 to. sous l'angle A B 21, c'est-à-dire de 21 dég, il portera à 520 toises sous AB 30, c'est-à-dire de 30 dégrez; ou lors-que le bras B X étant dans l'ame du mortier, le

LIV. VII CHAP. III.

Pour les jets qui sont au niveau des batteries.

LIV. VII CHAP. III.

plomb tombe du point A sur celui de 30 dégrez du bord intérieur.

Pour les jets qui sont au niveau des batteries.

Mais si posant la portée de 400 toises sous l'angle de 21 dégrez, l'on vouloit savoir à quel angle il faudroit poser le mortier pour chasser à 520 toises? Après avoir posé la pointe du compas ouvert du rayon du demi-cercle sur 21 dégrez du limbe intérieur, & vû que de l'autre pointe il coupe la droite FG au point 266; il faut faire que comme 400 est à 266, ainsi 520 à une autre, qui sera 346, qu'il faut prendre sur la même F G, & y mettre la pointe du compas toûjours ouvert de la grandeur du rayon F A, pour voir où il coupera de l'autre pointe le demi-cercle, qui sera au point 30 du limbe intérieur; ce qui marque que le mortier doit être posé suivant l'angle de 30 dég. pour le faire chasser à 520 toises. Car les deux points du bord intérieur 21: 30: sont les foyers de deux Paraboles dont les amplitudes sont les longueurs F 266: F 346: & les tangentes F 101, F 151; d'où

d'où il s'enſuit que le mortier poſé ſuivant la direction de la ligne F 10½ c'eſt-à-dire êlevé ſelon l'angle A B 21 ou de 21 dég. ayant chaſſé à la longueur de 266 parties ; il chaſſera à celle de 346 s'il eſt poſé ſuivant la direction de la droite F 15, c'eſt-à-dire êlevé ſelon l'angle A B 30 ou de 30 dég. ; mais comme 266 eſt à 346 ainſi 400 to. eſt à 520 to. ; ſi donc il a chaſſé à 400 to. à 21 dég. ; il faut l'êlever à 30 dég. pour le faire chaſſer à 520 toiſes, ainſi qu'il eſt ordonné. Ce qui arrive ſi le bras BX étant parallele à l'ame du mortier, le plomb tombe du point A ſur les points marquez 21 & 30 du bord intérieur du demicercle.

LIV. VII. CHAP. III. Pour les jets qui ſont au niveau des batteries.

CHAPITRE IV.

Pour les jets qui ne ſont pas au niveau des batteries

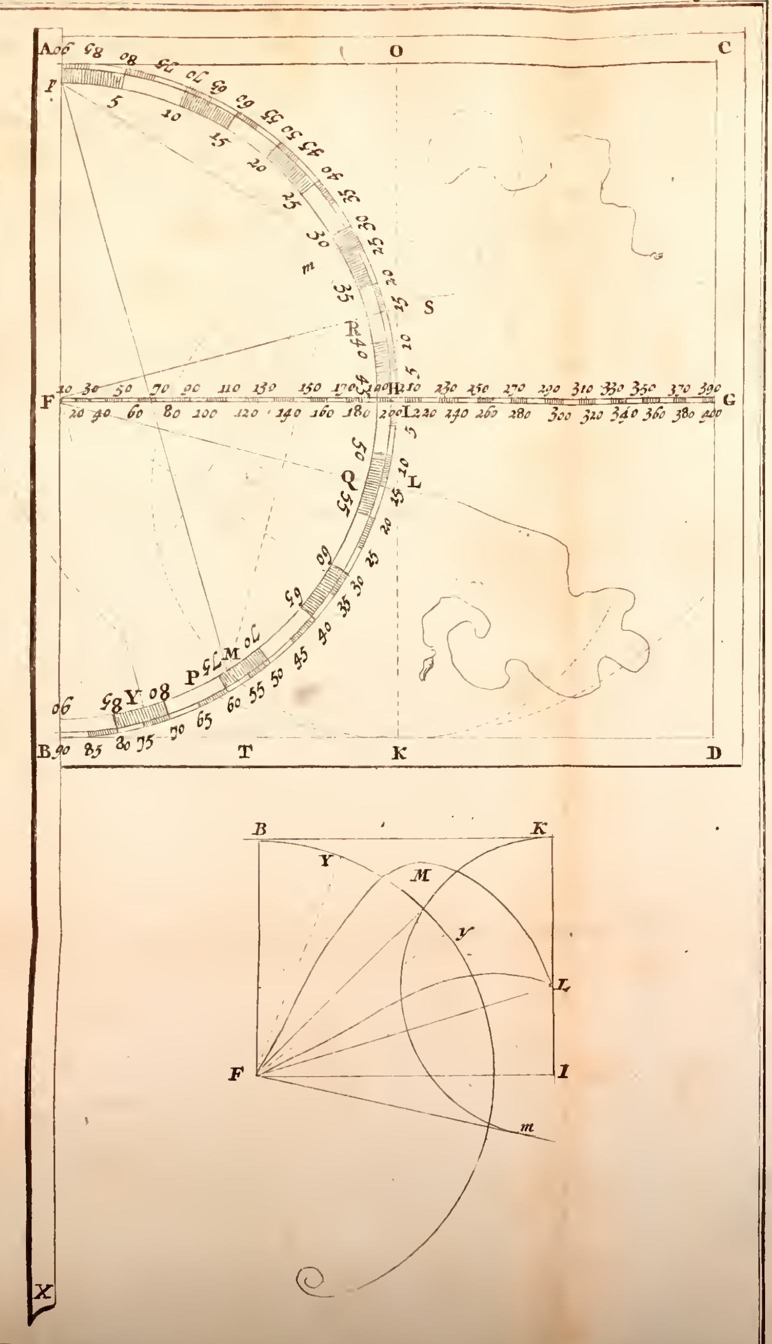
CHAP. IV. Pour les jets qui ne ſont pas au niveau des batteries.

POur s'en ſervir à la détermination des portées ſur les plans inclinez raportées au troiſiéme Chapitre du quatriéme Livre de la ſeconde partie ; il faut, ainſi que nous avons dit,

LIV.VII. CHAP. IV.

Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

lors-que connoissant la plus grande portée comme de 600 toises l'angle du plan de 15 dégrez, & la distance horizontale de 310 to, l'on veut connoître à quel angle il faut êlever la piéce ou le mortier pour le faire porter au lieu ordonné; faire ainsi que nous avons fait au quatriéme chapitre du même livre, que comme 600 to. est à 310, ainsi 400 qui est le plus grand nombre des parties contenuës dans la droite FG est à un autre, qui sera 206 répondant au point I; puis faisant passer le filet du centre F par le point Q où les 15 dégrez sont marquez sur le bord extérieur du demi-cercle à conter du point H vers B, (si l'inclination est sur l'horizon,) marquer où il coupe la guide OIK passant par le point I, qui est au point L; lequel doit servir de centre à l'arc KM *m* dont le rayon est LK égal à la différence du demi-diametre FB ou IK & de la hauteur perpendiculaire IL; car les points M *m* où cét arc coupera le demi-cercle, seront les foyers des Para-



A
O
C
I
S
R
F
H
G
I
L
Q
M
P
Y
B
T
K
D
X
B
K
Y
M
y
L
F
I
m

Paraboles qui dans la figure de Mr de la Hire passeront du point F en L, & dont les touchantes son F Y : F *y*: ainsi qu'il a été démontré ci-devant. Où l'on voit qu'un mortier êlevé suivant la direction de l'angle I F Y ; I F Y *y*, c'est-à-dire dans le demi-cercle O A M, O A *m* ou de leurs égaux A B M, A B *m* portera sur un lieu êlevé de 15 dégrez sur l'horizon à la distance horizontale FI de 206 parties, lors-que la plus grande portée F G est de 400 parties ; & partant à celle de 310 to., si la plus grande portée est de 600 to. Mais le mortier est êlevé suivant la direction de ces angles, lors-que le bras B X êtant parallele à l'ame, le plomb tombe du point A sur les points M ou *m* ; l'on a donc la position recherchée pour le faire chasser au lieu que l'on demande.

LIV. VII. CHAP. IV.

Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

Si l'inclination est sous l'horizon, comme en la pratique raportée au cinquiéme Chapitre du quatriéme livre de la seconde partie ; le filet du point F doit passer par R où les 15. dégrez

LIV. VIII CHAP. IV.

Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

du plan ſont marquez du point H vers A ; & le point S, où il coupe la guide O K paſſant par le point I, doit être le centre de l'arc K P *p*, dont le rayon eſt S K égal à la ſomme du demi-diametre F B ou I K & de la hauteur perpendiculaire I S : & les deux points P : *p*, où cét arc coupe le demi-cercle, ſont les foyers des Paraboles qui du point F, dans la figure de Mr de la Hire, paſſeront par le point S abaiſſé de 15 dégrez ſous l'horizon des batteries, ainſi qu'il a été démontré ci-devant; & leurs touchantes ſeront F Z : F *z*. Deſorte qu'un mortier poſé ſuivant la direction des angles I F Z, I F *z* ou de leurs égaux dans le demi-cercle O A P, O A *p* : c'eſt-à-dire A BP, A B*p*; chaſſera la bombe au lieu S abaiſé de 15 dégrez ſous l'horizon I F à la diſtance horizontale de 206 parties, ſi la plus grande portée n'eſt que de 400 parties ; & partant à celle de 310 to. ſi elle eſt de 600 toiſes; & comme le mortier eſt diſpoſé ſuivant la direction

LIV. VII. CHAP. IV.

rection de ces angles, lors-que le bras B X étant parallele à l'axe de l'ame, le plomb pendant en A tombe sur les points P : *p* : ; il s'ensuit que l'on a par ce moïen trouvé les angles de la situation que l'on demande.

Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

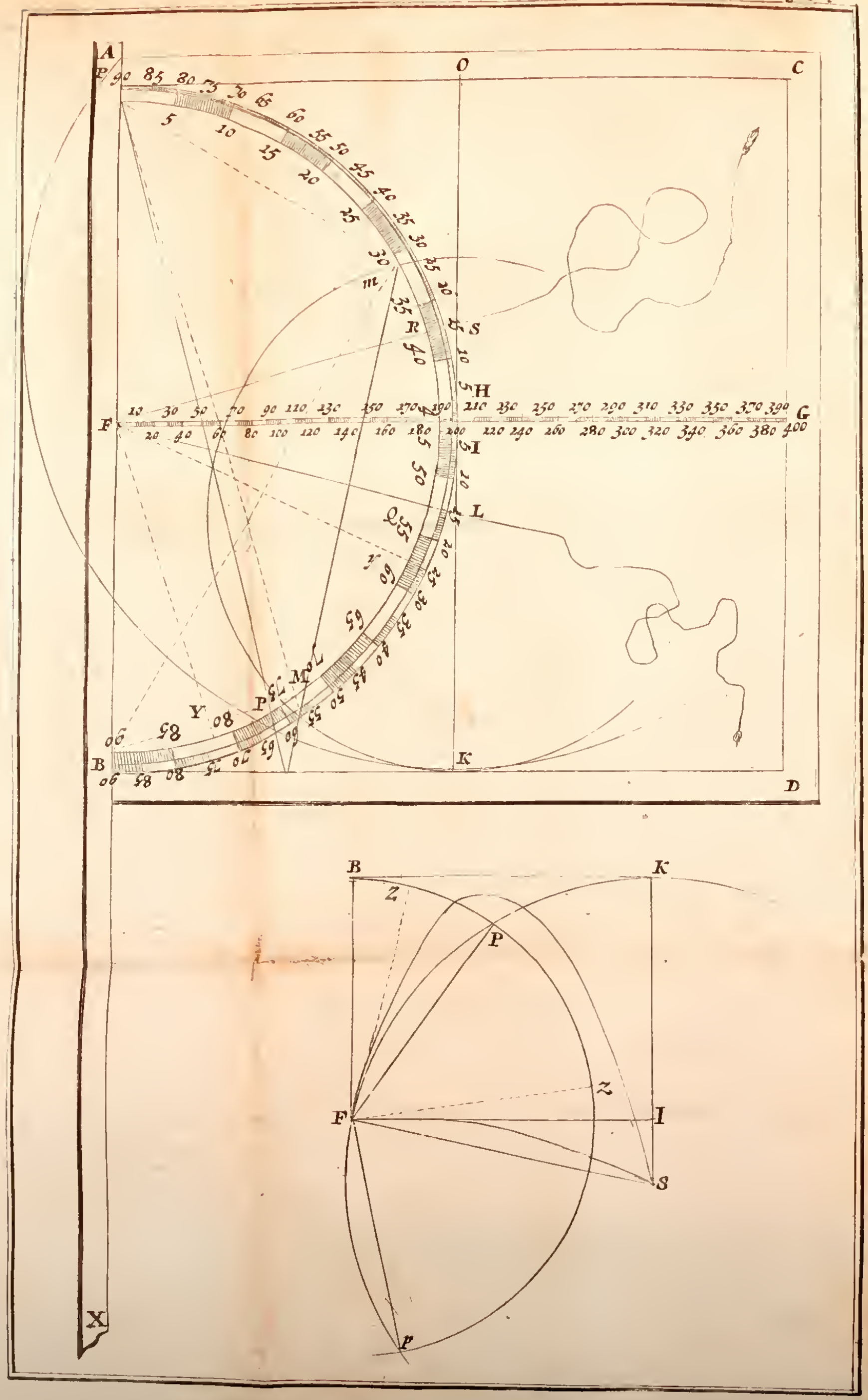
Enfin pour connoître, par la pratique enseignée au sixiéme chapitre du même livre, la distance horizontale, la longueur du plan incliné & la hauteur perpendiculaire, lors-que la plus grande portée comme de 600 toises, l'angle du plan comme de 15 dégrez sur le niveau de la batterie, & celui de l'élévation du mortier comme de 72 dégrez, sont donnez ; il faut, ainsi que nous avons dit, du point Q où se terminent les 15 dégrez de l'angle du plan sur le bord extérieur depuis le point H vers B, prendre avec le compas l'arc QM, où sur le bord intérieur les 72 dég. de l'élévation du mortier sont marquez, & le rapporter de l'autre part sur le même cercle au point *m* ; puis passant le filet par les deux points *m*: M: voir où il coupe la droite

LIV. VII. CHAP. IV.

Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

BD comme en T; car BK ou FI double de BT, donnera le nombre des parties de la distance horizontale, FL celui des parties de la longueur du plan incliné, & IL celui des parties de la hauteur perpendiculaire; supposé que la plus grande portée soit de 400 parties : ainsi faisant que comme 400 parties est à 600 toises, ainsi chacune de ces quantitez est à une quatriéme, nous aurons les grandeurs que nous recherchons. La démonstration est aisée : car supposant que l'arc décrit du centre L & de l'intervalle LK ait coupé le demi-cercle aux points M:*m*:, qui sont, comme nous avons dit, les foyers des Paraboles recherchées; si l'on mene une droite M *m* T par les mêmes points, la droite M *m* sera coupée en deux également par F L qui joint les centres des deux cercles, & partant l'arc QM sera égal à Q *m*. Et pour faire voir que B K est double de B T, il ne faut que remarquer que la droite B K touchant les deux cercles en B & en K, le rectangle *m* T M dans

CHA-


A
O
C
B
D
F
G
H
I
K
L
S
R
M
P
Y
X
Z
z
p

Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

dans l'arc K M *m* est égal au quarré de la touchante T K ; & dans le demi-cercle le même rectangle est égal au quarré de la touchante T B ; d'où il s'ensuit que TK & TB sont égales, & B K ou F I double de B T. Le reste n'a point de besoin de plus grande explication.

Si l'inclination du plan est au-dessous du niveau des batteries, nous pourrons par le même raisonnement faire voir que la droite *p* P qui passe par les points de l'intersection de l'arc K P *p* & du demi-cercle, est coupée en deux également par la droite F S qui joint les centres des deux cercles, & partant que l'arc R P est égal à l'arc R ; & le rectangle *p* T P dans l'arc K P *p* est égal au quarré de la touchante KT & au quarré de la touchante B T dans le demi-cercle ; & qu'ainsi B K ou FI est double de B T.

CHA-

LIV. VII. CHAP. V.

CHAPITRE V.

Démonstration des pratiques par le compas de proportion.

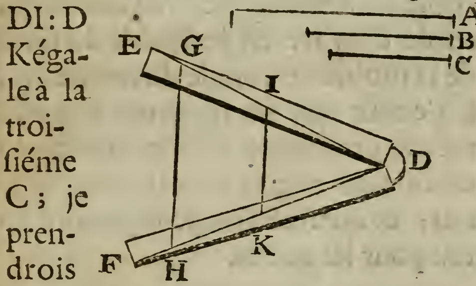
Démonstration des pratiques par le compas de proportion.

LA septiéme & derniére pratique est celle qui se fait par le moien du compas de proportion, dont l'usage se réduit à ce seul cas ; qui est à trouver une quatriéme proportionelle à trois quantités données. Ce qui se fait avec facilité prenant sur la ligne des parties égales la grandeur de la premiére & lui appliquant de travers la longueur de la seconde, ensorte qu'elle fasse sur le compas ouvert la base d'un triangle Isoscelle dont les côtez égaux sont chacun de la grandeur de la premiére quantité ; puis ayant pris sur les mêmes parties égales la longueur de la troisiéme, considérer quelle en est la transversale sur le compas ainsi ouvert ? car cette grandeur est la quatriéme que l'on demande.

Comme s'il faloit trouver une quatriéme proportionelle aux trois grandeurs A, B, C ; je prendrois sur les côtés DE, DF du compas de proportion

tion sur la ligne des parties égales, la longueur DG : DH égale à A & j'ouvrirois le compas de telle sorte que la droite G H qui fait la base du triangle Isoscelle GDH fût égale à la seconde quantité B. Puis aïant mesuré sur les mêmes côtez D E : D F la longueur DI : D Kégale à la troisiéme C ; je prendrois

LIV. VII. CHAP. V. Démonstration des pratiques par le compas de proportion.



sur la même ouverture du compas la transversale IK, qui seroit la quatriéme que je recherche. Car dans les triangles semblables D G H, D I K, la droite DG est à GH, c'est à dire AàB, comme DI ou C est à la droite I K.

Il faut deplus considérer que les parties de la ligne que l'on appelle des angles, sont les longueurs des cordes ou soutendantes des arcs de cercle à toutes les ouvertures des angles depuis un

LIV. VII. CHAP. V.

Démonstration des pratiques par le compas de proportion.

un dégré jusqu'à 180 ; ainsi 60 parties sur cette ligne font l'étenduë de la corde d'un arc de 60 dégrez ou du demi-diametre du cercle : 45 parties font celle de la corde de l'angle de 45 dég. : 72 celle de 72 dég. : 180 parties font le diametre entier qui est la corde du demi-cercle. Et comme la corde d'un arc est le double du sinus de la moitié de l'angle du même arc, il s'ensuit que les sinus ont entr'eux même proportion que les cordes du double des angles dont ils sont les sinus ; & qu'ainsi l'on peut prendre les uns pour les autres.

CHAPITRE VI.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

LIV. VII. CHAP. VI.

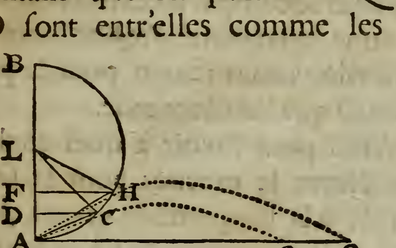
Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

CEci posé : reprenant la figure de Torricelli, il n'est pas mal-aisé de comprendre la raison de nos pratiques : car dans la premiére expliquée au premier Chapitre du cinquiéme livre de la seconde partie où, par ex-

exemple, la portée d'un mortier étant donnée suivant un angle donné, l'on demande quelle sera celle du même mortier suivant un autre angle ? comme si le mortier élevé suivant l'angle Q A C de 21 dég., a chassé à la longueur A Q de 400 toises, l'on veut savoir qu'elle est la longueur A O, à laquelle il chassera s'il est posé suivant l'angle Q A H de 30 dégrez ? D'autant que les portées A Q & A O sont entr'elles comme les li-

LIV. VII. CHAP. VI.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.



gnes C D : H F : c'est-à-dire comme les sinus des angles A L C, A L H doubles de ceux de la position du mortier Q A C, Q A H ; elles seront aussi entr'elles comme les doubles des mêmes lignes C D, H F, c'est-à-dire comme la corde du double de l'angle A L C est à la corde du double de l'angle A L H

LIV. VII. CHAP. VI.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

H, ou comme la corde du quadruple de l'angle QAC, à la corde du quadruple de l'angle QAH; & partant si nous prenons la corde de 84 dég, quadruple du premier angle donné de 21 dégrez pour premier terme; pour second la corde de 120 dég. quadruple du second angle donné de 30 dégrez; & pour troisiéme les 400 toises de la portée donnée AQ: en cherchant sur le compas à ces trois quantitez une quatriéme proportionelle, nous trouverons 520 to. pour la portée AO que l'on demande.

Ainsi pour savoir à quel angle il faut êlever le mortier pour le faire chasser à la longueur de 520 to., supposé qu'à 21 dégrez de l'êlévation il ait porté à 400 to.; je prens pour premier terme 400 to.; pour second 520 to.; pour troisiéme la corde de 84 dég. quadruple de l'angle donné 21 dég.; & il me vient pour quatriéme la corde de l'angle de 120 dégrez, dont le quart est l'angle QAH de 30 dégrez que je recherche.

Il

LIV. VII. CHAP. VI.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

Il est, comme je crois inutile de dire que lors-que les nombres des quantités proposées ou leurs étenduës, excédent celui des parties égales marquées sur le compas: il faut en prendre telle partie que l'on veut pourvû qu'elle soit moindre que celles du compas, & s'en servir pour trouver vôtre quatriéme proportionelle, qui sera la même portion de celle que vous cherchez, que celle dont vous vous êtes servi, l'est du nombre donné. Ainsi parce que le nombre de 400 to. est plus grand que celui de 200 contenu dans les parties égales du compas, je me sers du quart qui est 100 pour premier terme & il me vient 130 au quatriéme, dont le quadruple 520 est celui que je demande. Si le premier nombre êtoit le tiers du donné, celui qui viendroit par la pratique seroit aussi le tiers de celui que l'on recherche, & ainsi du reste.

CHA-

LIV. VII CHAP. VII.

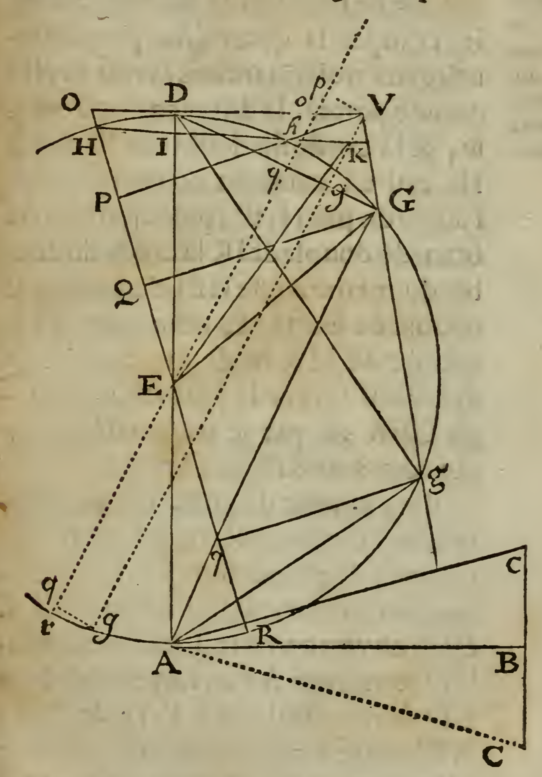
Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

CHAPITRE VII.

Pour les portées qui ne ſont pas au niveau des batteries.

MAintenant pour bien entendre l'uſage du compas de proportion raporté au ſecond Chapitre & aux ſuivans du cinquiéme livre de la ſeconde partie, pour les portées ſur les plans inclinez ; il faut reprendre la figure par laquelle j'ai expliqué la troiſiéme pratique, où ED eſt à DV c'eſt-à-dire E I à I K comme la plus grande portée eſt à la diſtance horizontale ; & E I étant le ſinus de l'angle E H I complement de l'angle du plan ; le double de E I ſera la corde du double du même angle E H I ; & partant comme la plus grande portée eſt à la diſtance horizontale, ainſi cette corde ſera au double de IK, à quoi ajoûtant ou ôtant le double de H I, c'eſt-à-dire la corde du double de l'angle du plan HEI, nous aurons le double de la droite H K ou de ſon égale G Q, c'eſt-à-dire la corde du dou-

double de l'angle G E R ; auquel angle & à ſon complement à deux droits, ſi l'on ajoûte l'angle du plan LIV. VII. CHAP. VII.



AER, l'on aura l'angle AEG dou-
ble

LIV. VII. CHAP. VII.

ble de ADG ou de ſon égal BAG que l'on demande.

Pour les portées qui ne ſont pas au niveau des batteries.

Or l'on voit que pour trouver le double de I K nous avons cherché ſur le compas la quatriéme proportionelle aux trois quantitez ſavoir la plus grande portée, la diſtance horizontale, & la corde du double de l'angle E H I qui eſt celui du complement de l'angle du plan HEI; puis ajoûtant ou ôtant du double de IK la corde du double du même angle HEI c'eſt-à-dire le double du ſinus H I, nous avons eu le double de H K ou de ſon égale G Q, c'eſt-à-dire la corde du double de l'angle GER; & par le moïen de cét angle nous avons trouvé le reſte.

Il n'y a point de difficulté pour entendre la raiſon de l'application du compas de proportion pour la poſition du mortier; car ſi le compas CDE étant ouvert comme il doit être l'on éleve le mortier AF en ſorte que le bras ED étant parallele à l'axe de l'ame AE, l'autre bras CD ſoit auſſi parallele à l'horizon AB; le mortier ſera poſé

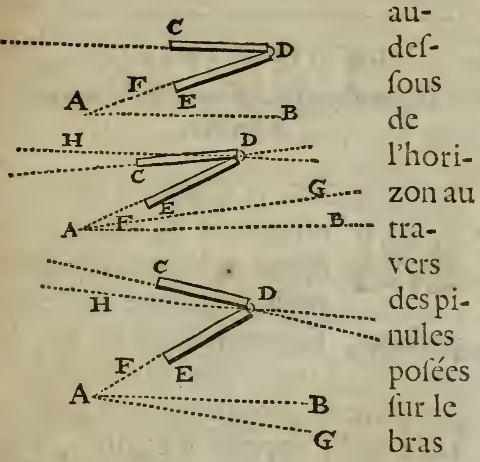
ſui-

ſuivant l'angle BAE ainſi qu'il eſt demandé.

LIV. VII. CHAP. VII.

Pour les portées qui ne ſont pas au niveau des batteries.

Si l'on veut découvrir l'objet incliné de l'angle BAG au-deſſus ou au-deſſous de l'horizon au travers des pinules poſées ſur le bras



CD; l'on voit que l'angle du compas, C D E eſt moindre (ſi l'inclination eſt au-deſſus) ou plus grand (ſi elle eſt au-deſſous,) que l'angle de l'élévation du mortier BAD, de la grandeur de l'angle C D H égal à celui du plan BAG; & qu'ainſi il faut le diminuer, comme nous avons dit, au premier cas & l'augmenter en l'autre.

LIVRE HUITIEME.

Doctrine de Monsieur Cassini pour le jet des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respective.

CHAP. I. Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respective.

MOnsieur Cassini a donné la résolution de toute la doctrine de la projection d'un mobile par une seule proposition, faisant voir qu'en tous les cas, il y a trois lignes qui sont continuellement proportionelles, savoir celle qu'il appelle d'égalité, celle d'impulsion & celle de la chûte respective.

Pour faire entendre ce raisonnement, il suppose, comme les autres, qu'un corps jetté est porté de deux impressions différentes dont l'une, qui lui vient de l'impulsion d'une cause externe, le détermine à une certaine direction ou perpendiculaire en haut ou

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respective.

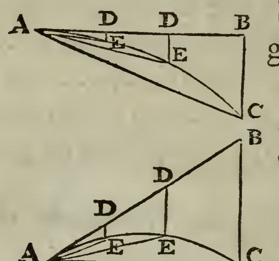
ou en bas, ou horizontale, ou inclinée, & le porte d'un mouvement uniforme & égal par des eſpaces égaux en tems égaux : l'autre, qui lui vient de la péſanteur, le détermine par une ligne perpendiculaire en bas vers le centre de la Terre & le porte d'un mouvement continuellement accéléré, deſorte que les eſpaces qu'il parcourt ſont entr'eux en raiſon doublée des tems qu'il emploïe à les parcourir.

Cette derniére impreſſion ne change rien à la direction de la premiére, ſi elle eſt perpendiculaire en haut ou en bas : elle ne fait qu'acourcir le chemin que fait le mobile au premier cas & l'allonger en l'autre. Mais aux directions horizòntales ou obliques, elle en change entiérement la droiture. Car ſi un mobile eſt, par exemple, porté d'une force externe ſuivant la direction de la ligne AB horizontale ou inclinée ; il eſt conſtant que ſi le mobile n'avoit point de poids ni d'empéchement de la réſiſtance du

LIV. VIII CHAP. I.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respective.

milieu, il seroit porté suivant la droite A B d'un mouvement égal qui lui feroit parcourir des espaces égaux en des tems égaux ; mais comme au moment du départ du point de repos A, l'impression de la pésanteur le tire en bas par des lignes perpendiculaires D E, BC, elle le fait changer de route ; & au lieu de le porter par la droite A B, elle le conduit au long de la courbe AEC. Où il faut remarquer que la ligne A D qui seroit celle que le mobile auroit parcouru d'un mouvement égal s'il n'avoit point eu de poids, au moment qu'il se trouve en E, est cette ligne que Mr Cassini appelle *ligne d'impulsion* à l'égard du point E ; ainsi la ligne A B où le mobile sans poids se trouveroit lors-qu'il est tombé en C, est la ligne d'impulsion au respect du point C. Les lignes perpen-



pendiculaires D E, DE, sont celles qu'il appelle *lignes de chûte respective*, c'est-à-dire à l'égard des points E, E & des lignes d'impulsion AD, AD : ainsi B C est ligne de chûte respective à l'égard du point C & de la ligne d'impulsion A B, & les lignes A E, AC sont appellées *lignes de distance*, parce qu'elles mesurent de combien le mobile est éloigné du point de départ.

LIV. VIII CHAP. I. Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respective.

CHAPITRE II.

De la ligne d'égalité.

CHAP. II. De la ligne d'égalité.

DAns les projections verticales, où nous avons dit que la pésanteur acourcit le chemin du mobile, il est aisé de comprendre que le mobile monte tant que le chemin qui se fait par l'impression du dehors, est plus grand que celui de la pésanteur ; qu'il ne monte ni ne descend au moment que ces deux impressions sont égales ; & qu'il descend aussi-tôt que celle de la pésanteur est plus grande que l'autre. Ainsi dans le jet vertical

De la ligne d'égalité.

AB, si nous supposons que la force du dehors puisse porter le mobile par l'espace A C, par exemple, de 6 mesures dans un certain tems, pendant lequel la pésanteur le puisse faire descendre de l'espace C D d'une de ces mesures; il est constant que le mobile au premier tems se trouveroit en D; ainsi la droite A C. 6., que le mobile sans poids auroit parcouru, est la *ligne d'impulsion* à l'égard du point D; la ligne C D. 1., celle *de la chûte respective* à l'égard de la même A D; & la ligne A D de 5 mesures celle de *la distance*. Au second tems le mobile sans poids seroit porté en E. 12., & seroit cependant tombé de la longueur EF, 4.; & se trouvant en F, la droite A E. 12. sera la *ligne d'impulsion*, E F. 4. celle de *la chûte respective*, & AF. 8 celle de *la distance*. Au troisiéme tems la ligne d'impulsion sera A G. 18.,

18., celle de la chûte G H. 9. & celle de la distance AH. 9. Au 4me tems la ligne d'impulsion est A I. 24., celle de la chûte I K. 16., & celle de la distance A K. 8. Au cinquiéme tems celle d'impulsion est A L. 30., celle de la chûte L M. 25. & celle de la distance A M. 5. Enfin au sixiéme tems la ligne d'impulsion seroit AB de 36 mesures ou sextuple de la premiére A C, & celle de la chûte seroit aussi la même BA de 36 mesures.

De la ligne d'égalité.

Et comme la ligne A B est le chemin qu'auroit fait en montant le mobile sans poids d'un mouvement égal, pendant qu'avec le poids il est monté de A en H & descendu de H en A, & dans le tems que le même poids seroit descendu du point B en A. C'est pour cette raison que Mr Cassini appelle cette droite AB *La ligne d'égalité*.

Il y auroit beaucoup de choses à considérer sur ce sujet, sur lequel je me contenterai de dire que cette ligne d'égalité AB est quadruple de la ligne du jet perpendiculaire A H, & partant double de la plus grande portée. CHA-

LIV. VIII CHAP. III.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respective sont trois proportionelles.

CHAPITRE III.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chûte respe-ctive sont trois proportionelles.

MAintenant pour faire voir ce que nous avons dit, qu'en toute projection la ligne d'égalité, celle de l'impulsion, & celle de la chûte respective sont continuellement proportionelles; supposons que dans le jet A E C fait suivant la direction A B, la droite A D soit la ligne d'égalité, A B celle de l'impulsion, B C celle de la chûte respective & AC celle de la distance ; & disons que puis-que la droite A D est le chemin que le mobile feroit en montant par la seule impression du dehors & en descendant dans le même tems par la seule impression de la pésanteur ; si nous la prenons pour la mesure du tems de l'un & de l'autre, il est constant

ſtant que la droite AB ſera la meſure du tems que le même mobile employeroit à paſſer la même AB, porté du ſeul effort de la même impreſſion du dehors. Et comme dans le tems A B il eſt deſcendu par l'impreſſion de ſon poids de la hauteur perpendiculaire BC; cette hauteur BC ſera à la hauteur DA en raiſon doublée du tems de la chûte BC, qui eſt meſuré par A B, au tems de la chûte A D c'eſt-à-dire comme le quarré de la ligne A B eſt au quarré AD: & partant les trois lignes B C, AB, AD ſont continuellement proportionelles.

LIV. VIII CHAP. III. Lignes d'égalitê, d'impulſion, & de chute reſpective ſont trois proportionelles.

CHAPITRE IV.

Sur une direction & ſur une diſtance donnée, Trouver la ligne d'égalité.

CHAP. IV. Sur une direction & ſur une diſtance donnée, Trouver la ligne d'égalité.

MAintenant pour ſavoir ſur une direction & ſur une diſtance donnée; quelle eſt la longueur de la ligne d'égalité, comme ſur l'angle de la direction DAB & la ligne de la diſtance A C, c'eſt-à-dire ſur l'étenduë de la portée d'une piéce ou d'un mortier, pointé

LIV. VIII CHAP. IV.

Sur une direction & une distance donnée, Trouver la ligne d'égalité.

l'angle F A B complement du donné D A B, sur le plan A C incliné de l'angle F A C. Il faut considérer que dans le triangle A B C, le côté A C & les deux angles A B C B A C, sont donnés ; car A B C est égal à D A B, & B A C est la somme ou la différence des deux angles F A B, F A C qui sont ceux de l'inclination de la piéce & du plan : & partant l'on peut connoître par les sinus les longueurs des lignes d'impulsion A B & de chûte respective B C ; & par leur moïen trouver une troisiéme proportionelle A D qui sera la ligne d'égalité que l'on recherche.

CHAPITRE V.

La ligne d'égalité & la distance étant données: trouver la direction.

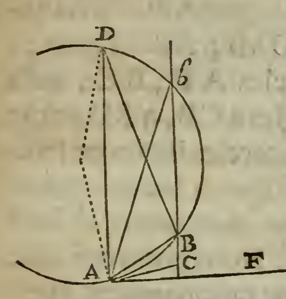
CHAP. V.

MAis si connoissant la ligne d'égalité l'on veut savoir à quel angle il faut élever la direction de la piéce pour la faire chasser à une distance donnée sur quelque plan que ce soit, hori-

horizontal ou incliné ? Voici ce qu'il faut faire. Soit la ligne d'égalité A D perpendiculaire à l'horizon, & la distance A C sur le plan A C, faisant avec la verticale A D quelque angle que ce soit D A C. Au point C soit élevée CB *b* parallele à la verticale AD, & sur A D soit décrite la portion de cercle A B *b* D capable d'un angle égal à A C B, (laquelle touchera la perpendiculaire C B en un point si le problême n'a qu'une solution, ou le coupera en deux points comme en B *b* s'il en a deux, ou ne le rencontrera point du tout s'il est impossible,) & les lignes menées du point A à ceux de leur rencontre comme AB, A *b*, seront celles de la direction que l'on demande, ensorte que F A, , étant horizontale, les angles F A B,

LIV. VIII CHAP. V.

La ligne d'égalité & la distance étant données Trouver la direction.



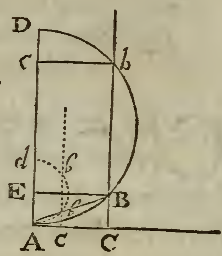
LIV. VIII CHAP. V.

La ligne d'égalité & la distance étant données Trouver la direction.

F A *b* sont ceux de la position du mortier pour le faire porter au point C. Car les deux triangles ABC, BAD ayant les angles DAB, ABC égaux, à cause des paralleles A D, B C; aussi bien que les angles ACB, ABD par la construction du cercle: ils seront semblables; & B C *ligne de la chûte respective* sera à AB *ligne d'impulsion* comme AB est à AD *ligne d'égalité*. Nous pourrons faire voir par le même raisonnement que *b* C est à A *b* comme A *b* est à AD.

Si la ligne du plan AC est horizontale, la portion du cercle est un demicercle; si elle est êlevée sur l'horizon, elle est moindre; & plus grande que le demi-cercle si l'inclination est au-dessous. Où il est à remarquer, au sujet des projections qui se font sur un plan horizontal, c'est-à-dire au niveau de la batterie, qu'ayant dit cidevant que la ligne d'égalité est quadruple de celle du jet perpendiculaire laquelle détermine la force imprimée du mobile; si nous supposons, comme Galilée & Torricelli, que le dia-

diametre A *d* du demi cercle A*b d*, soit égal au quart de la ligne d'égalité, c'est-à-dire du diametre AD du demi-cercle ABD, & la ligne A *c* égale au quart de la distance horizontale AC; la droite *c b* parallele à C B, ou A D, coupera la circonférence A *b d* aux points recherchez, *b*, *b* semblables aux points B b de la circonférence A B D, & les droites A *b*B, A *b* b prolongées, seront les mêmes que les lignes de la direction que l'on demande AB, A b. Ce qui fait conoître que la proposition de ces auteurs ne fait qu'un cas de celle de Mr Cassini. L'on voit de plus, ce que nous avons dit ci-devant, que la ligne d'égalité AD étant quadruple de A *d*, qui détermine la force imprimée du mobile & qui par conséquent est égale à la moitié de la plus grande portée de la bombe avec la même force, est aussi double de la même plus grande portée.



LIV. VIII CHAP. V.

La ligne d'égalité & la distance étant donnée, Trouver la direction.

CHA-

LIV. VIII CHAP. VI.

Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.

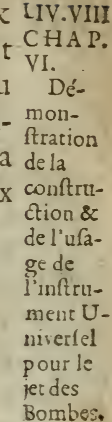
CHAPITRE VI.

Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.

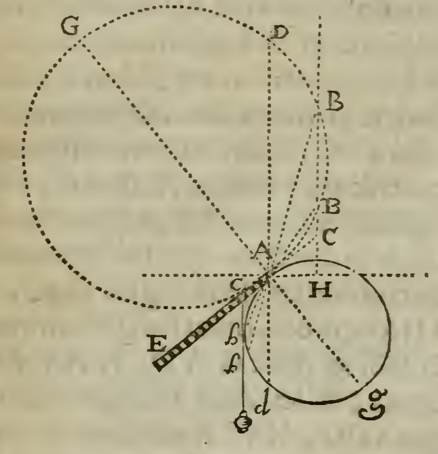
C'Est de cette doctrine que nous avons tiré la construction & l'usage de cét autre Instrument rapporté dans les deux premiers chapitres du sixiéme Livre de la seconde partie sous le nom d'Instrument Universel pour le jet des Bombes, & dont il faut ici parler plus au long & en donner la démonstration.

C'est un cercle A *bg* dont le diametre est A g, au bout duquel en A est attachée à angles droits une régle immobile A E égale au même diametre & divisée en un tres grand nombre de parties égales. Pour s'en servir il faut connoître la longueur de la ligne d'égalité & celle de la distance horizontale, & faire que comme cette ligne est à cette distance; ainsi le nombre des parties contenuës dans la régle A E soit à un autre, qui soit, par exemple, ce-

celui des parties comprises entre A & *c*. Puis dressant la régle AE vers le but il faut laisser pendre un plomb du point *c* (dont le fil touchera la circonférence du cercle, si le problême n'a qu'une solution, ou le coupera en deux



Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.



points comme *b*,*b*, s'il en a deux, ou ne le rencontrera point s'il est impossible;) les droites tirées du point A aux points de rencontre *b*,*b*, sont celles de la direction de la piéce ou du mortier que l'on demande.

La

LIV. VIII CHAP. VI.

Démonstration de la constru-ction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.

La démonstration en est aisée; soit dans la figure expliquée ci-devant, la ligne d'égalité connuë A D perpendiculaire à l'horizon, la ligne de distance horizontale A H & le but C sur le plan incliné A C où l'on veut que le coup frappe; la droite HC étant mené parallele à A D, si l'on décrit sur la verticale A D la portion de cercle A B D capable d'un angle égal à A C B dont le diametre soit A G perpendiculaire à AC, la circonférence sera rencontrée par la droite HCB aux points B,B, & les lignes AB, AB seront celles de la direction que l'on demande. Et comme les deux angles GAC, D AH sont droits, ôtant l'angle commun DAC, les deux G A D, H A C sont égaux, & les deux triangles rectangles ADG, HAC semblables & partant comme D A est à A H, ainsi A G est à A C.

Maintenant si l'on applique l'instrument de telle sorte que le bout A du diametre g A tombant sur le point A, la régle EA soit tournée vers le but C, c'est-

C, c'est-à-dire qu'elle convienne avec la ligne du plan incliné AC, le diametre *g* A continué tombera sur le diametre GA ; & comme on a fait que EA soit A *c* comme DA est à AH ; il s'ensuit que E A ou son égale *g* A, est à A *c* comme A G est à A C, & le plomb *c b b* étant parallele à A D ou CBB, le cercle A *bg* sera divisé aux points, *b b* ; comme le cercle A B G l'est aux points BB ; & les droites *b* A, *b* A : continuées tomberont sur les droites AB, A B ; c'est-à-dire qu'elles seront celles des directions que l'on demande.

LIV. VIII CHAP. VI. Démonstration de la construction & de l'usage de l'instrument Universel pour le jet des Bombes.

CHAPITRE VII.

Démonstration de ce qui s'est ajoûté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.

LIV. VIII CHAP. VII.

SI l'on vouloit se servir de cét instrument sans être obligé de faire de régle de Trois pour trouver le point c, il faudroit ajoûter en A, comme nous avons fait au troisiéme Chapitre du sixiéme Livre de la seconde par-

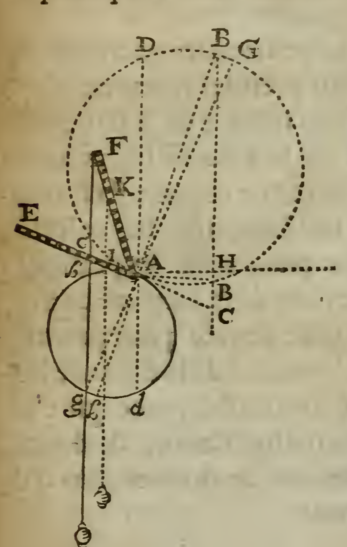
LIV. VII. CHAP. VII.

Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.

partie, une autre régle mobile A F égale à A E; & pour plus grande commodité, il seroit bon que l'une & l'autre fut divisée en autant ou plus de parties qu'il a de toises, ou de piés, ou d'autres mesures, dans la plus grande ligne d'égalité dont on peut ordinairement se servir, c'est-à-dire dans le double de la plus grande portée d'une piéce de Canon ou d'un mortier. Car si la ligne d'égalité proposée A D a autant de toises ou d'autres mesures qu'il y a de parties dans la régle A F, il ne faut que prendre autant de parties sur la régle A E qu'il y a de toises dans la distance horizontale A H comme de A en *c*, & l'instrument étant posé, en sorte que la régle E A regarde le but C, il faut tourner la régle A F de maniére que le plomb tombant de l'extrémité F passe par le point *c* & coupe le cercle en *b*. Mais si la ligne d'égalité proposée A D est moindre, il faut prendre sur la régle mobile un nombre de parties égal à celui des toises qu'elle contient comme de A en K, & sur

ſur la régle immobile A E autant de parties qu'il y a de toiſes dans la ligne de diſtance horizontale A H comme de A en i, & tourner la régle A F en ſorte que le plomb tombant du point K paſſe par i : car laiſſant le tout en cette ſituation, le plomb tombant du point F paſſera par c & coupera le cercle en b: b: comme on le demande.

LIV. VIII CHAP. VII.
Démonſtration de ce qui s'eſt ajouté à l'inſtrument Univerſel pour en rendre l'uſage plus facile.



La démonſtration eſt facile à comprendre ; car A K ayant autant de parties que la ligne d'égalité propoſée A D a de toiſes, & A i autant de parties qu'il y a de toiſes dans la ligne de diſtance hori-

LIV. VIII. CHAP. VII.

Démonstration de ce qui s'est ajoûté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.

horizoniale A H, il paroît que A K est à A *i* c'est-à-dire A F ou A E à A C comme A D est à A H; & l'on a par ce moïen sans régle de Trois le point par lequel le plomb doit passer pour couper le cercle au point que l'on recherche.

Il faut ici remarquer qu'au lieu de prendre pour premier terme de nôtre régle de Trois la ligne de la plus grande égalité, & la distance horizontale pour second terme comme il est marqué dans les Chapitres de ce livre; nous avons pris, dans les pratiques du sixiéme livre de la seconde partie, la plus grande portée pour premier terme, & la moitié de la distance horizontale pour second: parce que c'est toûjours la même chose, & dont il n'est pas besoin de donner plus d'éclaircissement.

L'ART

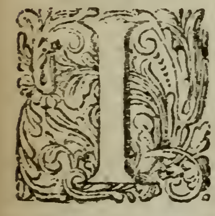
L'ART DE JETTER LES BOMBES,

Et de connoître l'étenduë des coups de volée d'un Canon en toutes ſortes d'élévations.

QUATRIEME PARTIE.

Réſolution des difficultez qui ſe trouvent dans la doctrine du jet des Bombes.

Réſolution des difficultez qui ſe trouvent dans la doctrine du jet des Bombes.



L faut maintenant parler des difficultez que l'on trouve dans la doctrine que nous avons expliquée en ces deux derniéres parties : afin qu'étant une fois bien entenduës, l'on puiſſe plus aiſément faire connoître que les changemens qu'elles aportent dans les effets ſont de ſi petite conſidération, qu'il n'y a point de lieu de s'y arrêter ni d'empêcher l'uſage de mes pratiques.

Tous les raiſonnemens dont on

Résolution des difficultez qui se trouveut dans la doctrine du jet des Bombes.

se sert sont de deux sortes; les uns semblent détruire les suppositions que nous avons faites pour démontrer que la nature de la ligne courbe décrite par le passage d'un mobile jetté, étoit telle que nous l'avons expliquée dans la troisiéme partie; & les autres trouvent tant de difficultez dans l'exécution, qu'ils font douter que l'on puisse attendre aucun effet assûré des régles que nous avons enseignées dans la seconde partie pour la pratique.

Pour répondre avec ordre aux uns & aux autres, nous traiterons premiérement de ceux qui combattent la Théorie, remettant à examiner ceux qui sont contre la Pratique, après que les premiers auront été résolus.

LIVRE PREMIER.

Solution des Objections faites contre la Théorie.

LIV. I. CHAP. I.

Explication de ce qui a êté supposé dans la Théorie.

CHAPITRE PREMIER.

Explication de ce qui a êté supposé dans la Théorie.

LOrs-que dans la troisiéme partie nous avons voulu faire voir que la ligne que le mobile poussé horizontalement, décrit par son passage est parabolique, à cause qu'il est porté de deux mouvemens qui le déterminent en différentes parts : nous avons supposé que le premier qui lui est imprimé par la force extérieure & qui se fait suivant la direction de la ligne droite horizontale, êtoit égal & uniforme parcourant sur cette droite des espaces égaux en tems égaux ; & que l'autre qui lui vient de sa gravité naturelle, se faisant par des droites perpendiculaires & paralleles, êtoit iné-gal,

LIV. I. CHAP. I.

Explication de ce qui a été supposé dans la Théorie.

gal, mais uniformement acceleré, parcourant des espaces au long de ces paralleles qui sont entr'eux en raison sous doublée des tems qu'il employe à les parcourir.

Comme daus cette figure, qui est celle dont nous dans sommes servis dans la troisiéme partie: pour faire voir que le mobile poussé du point A suivant la direction horizontale A B, décrivoit dans sa projection la ligne parabolique AFGHI, nous avons premiérement supposé que la ligne A B étoit droite, & que le mouvement imprimé par la force externe au mobile, le déterminoit de telle sorte au long de la droite A B, que dans tout le tems de son mouvement il parcouroit les espaces égaux comme A C, C D, DE &c. en tems égaux, pendant lesquels le même mobile porté par sa pésanteur parcouroit au long des droites perpendiculaires & paralleles comme CF, DG, les espaces CF, DG, de telle sorte que l'espace DG fait à CF, comme le quarré du tems A D est au quar-

quarré du tems A D; & que de la composition de ces deux mouvemens qui, changeant seulement la direction du mobile, ne s'aportent au reste aucun empêchement l'un à l'autre, résultoit la ligne de projection parabolique AFGHI.

LIV. I. CHAP. I.

Explication de ce qui a été supposé dans la Théorie.

A C D E B K O F L P G M Q H N I

CHAPITRE II.

PREMIERE OBJECTION.

La ligne horizontale n'est point droite, & les perpendiculaires ne sont point paralleles.

CHAP. II. *I. OBJECT.*

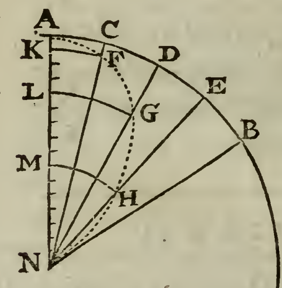
La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point paralleles.

OR comme il est faux de dire que l'horizontale A B soit ligne droite & que les perpendiculaires C F, DG soient paralleles; car AB, étant supposée également distante du centre de la Terre, fait un arc

LIV. I. CHAP. II. *I. OBJECT.*

La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point paralleles.

de cercle ; & C F, D G étant perpendiculaires, concourent nécessairement au centre ;) il paroit de la fausseté de ces suppositions : & l'on peut voir que quand même il seroit véritable que le mouvement du dehors imprimé suivant la direction horizontale fut égal & uniforme, & que celui de la pésanteur suivant la direction perpendiculaire, suivit précisément les loix du mouvement uniformement accéléré, la ligne de projection ne peut jamais être parabolique. Car supposant le centre de la terre au point N où concourent les perpendiculaires A N, C N, D N ; si nous concevons que le mobile partant du point A, soit porté par l'impression extérieure d'un mouvement égal au long des arcs égaux A C, C D, D E, & par celle de sa pésanteur d'un mouvement



vement uniformément accéléré au long des perpendiculaires A N, C N, DN: il eſt conſtant que ſi dans le tems qu'il arriveroit en C par le mouvement égal, il ſe trouvoit en F par l'accéléré : il ſe trouveroit en G par le même accéléré, lors-que par l'égal il devroit être en D, parce que l'eſpace D G ou A L eſt quadruple de C F ou A K, comme l'arc A D eſt double de AC : ainſi il ſeroit en H au troiſiéme tems AE, parce que E H ou A M contient neuf fois l'eſpace A K ou CF, comme l'arc AE contient trois fois l'arc AC. Maintenant, ayant pris une ligne comme AL moïenne Géometrique entre AN & AK, ſi nous faiſons que comme A K eſt à A L, ainſi l'arc AC ſoit à un autre AB; il eſt conſtant que le mobile ſe trouveroit au centre de la terre N, lors-que par le mouvement égal il auroit dû parcourir l'arc AB. Où il paroît que la courbe de la projection AFGHN eſt une eſpéce de Spirale fort éloignée de la parabolique, qui de ſoi ne porteroit

LIV. I. CHAP. II. I. OBJECT. I

La ligne horizontale n'eſt point droite & les perpendiculaires ne ſont point paralleles.

LIV. I. CHAP. II. *I. OBJECT.* La ligne horizontale n'eſt point droite & les perpendiculaires ne ſont point paralleles.

jamais le mobile au centre. Car reprenant la figure de l'hypothéſe, ſi l'on prend le point N, pour le centre de la terre, il paroit que par la nature de la ligne parabolique, le mobile n'y arriveroit jamais, & qu'au contraire il en ſeroit éloigné de toute la longueur de l'ordonnée NI, lors-qu'il ſeroit tombé par ſon propre poids de la longueur du demi-diametre AN ou BI; d'où en-ſuite il s'en éloigneroit davantage à l'infini. Ce qui eſt abſurde.

CHAPITRE III.

II. OBJECTION.

La force imprimée au mobile n'eſt point perpetuelle, égale & uniforme.

CHAP. III. La force imprimée au mobile n'eſt point perpetuelle, égale & uniforme.

IL n'eſt pas moins faux de dire que la force imprimée par la cauſe externe au mobile, ſoit perpetuelle égale & uniforme, enſorte que dans tout le tems de ſon mouvement elle lui faſſe parcourir des eſpaces égaux en tems égaux : car bien que cela pût-être en quelque façon véritable au cas que le mobile fut porté dans un mi-

lieu

lieu qui n'eût point de résistance; celle de l'air, dans lequel nos boulets & nos bombes sont portés par la violence que le feu du mortier ou du Canon leur imprime, ne peut aucunement souffrir cette uniformité de mouvement.

LIV. I. CHAP. III. II. OBJECT. La force imprimée au mobile n'est point perpetuelle, égale & uniforme.

Deplus si nous nous imaginons qu'un mobile ne peut point se mouvoir dans l'air, qu'il ne s'y fasse faire place, en chassant à droite & à gauche les parties de l'air qu'il rencontre dans son passage : & que ces parties ayant de la pésanteur ne changent point de situation sans être poussées par quelque force externe; nous n'aurons point de peine à comprendre que cette force ne leur peut être imprimée que par la violence du mouvement du mobile qui les rencontre. Et comme un corps qui se meut pert autant de sa propre vîtesse qu'il en communique à un autre qu'il fait mouvoir ; il paroît que le mobile porté dans l'air ne sauroit en détourner les parties pour se faire un passage; sans leur communiquer quel-

LIV. I. CHAP. III.

II. OBJECT.

La force imprimée au mobile n'est point perpetuelle, égale & uniforme.

que chose de la vîtesse de son mouvement, laquelle par ce moïen diminuë à mesure qu'il se meut, c'est-à-dire à mesure qu'il rencontre plus de parties de l'air qui s'opposent à son passage.

C'est ce qui fait cette si grande inégalité de vîtesse & de durée du mouvement des mobiles, suivant la diversité des milieux dans lesquels ils sont portés, & celle de leur matiére, de leur pésanteur, de leur figure & de l'impression qu'ils ont reçûë. Entre ceux la même qui se meuvent dans un même milieu comme dans l'air, & qui sont de même matiére & de même figure, les plus petits perdent bien plûtôt la force de leur mouvement que les plus grans, parce qu'ayant plus de surface à proportion de leur grandeur, ils rencontrent plus de parties de l'air qui leur résistent.

Pour ne point sortir de nôtre sujet, l'on peut dire qu'un même mobile pousse avec plus de violence les parties de l'air qu'il rencontre lors-qu'il a

plus

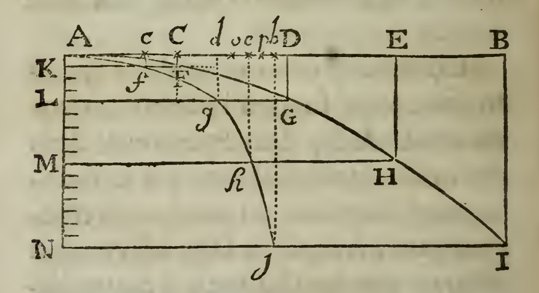
plus de vîtesse que lors-qu'il en a moins; & vrai-semblablement cette impulsion a quelque chose de proportioné à la vélocité de son mouvement: car le mobile ne se ressent de la résistance des parties du milieu qu'à proportion de la force qu'il employe à les pousser; d'où il arrive que le déchet qu'il souffre dans la vîtesse suit aussi la mesure de la même vîtesse, c'est-à-dire que plus elle est grande & plus elle souffre de diminution par la résistance de l'air.

LIV. I. CHAP. III. *II. OBJECT.* La force imprimée au mobile n'est point perpetuelle, égale & uniforme.

Comme si nous entendons qu'un mobile porté suivant la direction horizontale A B, doive parcourir dans un milieu sans résistance par le mouvement imprimé du dehors les espaces égaux, AC, CD, DE, EB en tems égaux; pendant lesquels il doive descendre par le mouvement accéléré de sa pésanteur au long des perpendiculaires CF, DG, EH, BI, pour décrire par sa projection la ligne parabolique A F G H I: il est constant que dans un milieu résistant comme dans

LIV. I. CHAP. III. *II. OBJECT.* La force imprimée au mobile n'est pas perpetuelle égale & uniforme.

l'air, le mouvement imprimé ſuivant la direction de la ligne AB ne lui fera point paſſer des eſpaces égaux en tems égaux ; mais qu'au contraire ces eſpaces diminueront dautant plus qu'il ſera porté avec plus de vîteſſe. De maniére que ſi la réſiſtance de l'air eſt capable de diminuer le chemin A C de la longueur par exemple C *c*, enſorte que le mobile au premier tems meſuré par AC, au lieu de ſe trouver en



C ſur l'horizontale, n'arrive qu'à la diſtance A *c* ; ſa vîteſſe au point *c* en ſera d'autant diminuée, & elle ſera d'autant moindre que celle qu'il avoit en A que la ligne A *c* eſt moindre que AC ; d'où il arrive que s'il ſe mouvoit du

du point *c* sans trouver de résistance, il parcouroit dans le second tems, mesuré par C D, l'espace *co* égal à A *c*. Mais à cause de l'opposition des parties de l'air, il n'arrive qu'à celui de *cd*, si le premier déchet *c* C est au deuxiéme *do*, comme la premiére vîtesse en A est à la seconde en *c*, ou comme A C est à A *c*. Ainsi prenant *dp* égale à *cd*, le mobile au troisiéme tems D E arriveroit sans résistance en *p*; mais dans l'air il ne vient qu'en *e*, ensorte que le déchet *ep* soit au déchet *do* comme la vîtesse en *d* est à la vîtesse en *c*, ou comme *de* est à *cd*. Enfin si l'on fait *eq* égale à *de*, l'on peut voir que le mobile avec sa vîtesse en *e* parviendroit au quatriéme tems E B en *q* sans résistance, & que dans l'air il ne vient qu'au point *b*, laissant l'espace du déchet *bq* qui a même proportion au déchet *ep*, que la vîtesse en *e* est à la vîtesse en *d*, ou comme *be* est à *de*.

LIV. I. CHAP. III.

II. OBJECT.

La force imprimée au mobile n'est point perpetuelle, égale & uniforme.

De sorte que si nous supposons que dans le premier tems A C le mobile soit arrivé par le mouvement de l'impul-

LIV. I. CHAP. III. *II. OBIECT.*

La force imprimée au mobile n'eſt pas perpetuelle égale & uniforme.

ſion externe ſuivant la ligne horizontale A B au point *c*, & par celui de ſa péſanteur à la longueur AK ou *cf* ſur la perpendiculaire ; qu'en deux tems AD, il ſoit en *d* ſur l'horizontale, & en L ou *g* ſur la perpendiculaire ; qu'en trois tems A E, il ſoit parvenu horizontalement en *e*, & en M ou *h* ſur la perpendiculaire ; & qu'enfin en quatre tems AB il ſoit arrivé en *b* ſur l'horizontale par le mouvement imprimé, & en N ou *i* par l'accéléré de ſa péſanteur : l'on peut voir que par la compoſition de ces deux mouvemens, il aura décrit par ſa projection la ligne courbe A*fghi*, qui eſt fort éloignée de la parabolique de l'hypothéſe AFGHI.

CHA-

CHAPITRE IV.

III. OBJECTION.

La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

L'On peut raisonnablement conjecturer que la même résistance des parties de l'air, n'apporte pas moins de changement au mouvement de la pésanteur qui se fait sur les perpendiculaires, dont il altére considérablement les proportions. Il seroit autrement mal-aisé d'expliquer plusieurs expériences que l'on a faites: comme de dire pour quelle raison une flêche tirée perpendiculairement met moins de tems à monter qu'à descendre, & fait en tombant sur une matiére molasse moins d'impression à sa chûte de quelque hauteur que ce puisse être, que lors-qu'elle est tirée de près sur la même matiére? D'où vient qu'une balle de pistolet tirée sur le pavé de haut en bas à plomb de la hauteur de plus de trente toises, se trouve moins écachée & moins froissée,

LIV. I. CHAP. IV. III. OBJECT. La résistance de l'air altere les proportion du mouvement causé par la pésanteur.

LIV. I. CHAP. IV. *III. OBJECT.* La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

sée, que lors-qu'elle est tirée sur le même pavé de la hauteur seulement de huit ou dix piés ; & diverses autres de cette nature, dont on donne des raisons assez probables par la résistance de l'air.

Car si nous entendons que la flêche portée dans un milieu sans résistance avec la force qui lui a été imprimée par le décochement de l arc, monte à une hauteur déterminée ; nous pourrons dire que tombant en-suite dans le même milieu, elle acquerra par le mouvement accéléré de sa pésanteur une force pareille à celle qui lui avoit été premiérement imprimée, c'est-à-dire capable de la faire remonter à la même hauteur ; que les espaces qu'elle parcourra en montant seront réciproquement les mêmes que ceux qu'elle passera en tems égaux en descendant ; & que le tems qu'elle mettra à descendre sera précisément égal à celui qu'elle a employé à monter.

Mais si la flêche portée dans l'air perd autant de sa force imprimée qu'il

faut

faut qu'elle en communique aux parties de l'air qu'elle doit détourner pour passer, il est constant qu'en montant elle n'arrivera qu'à une hauteur qui sera moindre que la premiére; & que descendant en-suite de cette hauteur, le mouvement de sa pésanteur ne pourra par conséquent lui faire aquérir qu'une force qui sera moindre que celle de l'arc, quand même elle descendroit dans un milieu sans résistance. D'où vient que celle qu'il aquiert dans l'air à la fin de sa chûte doit être notablement plus petite & faire beaucoup moins d'impression sur une matiére molasse, que lors-qu'elle est tirée de près avec la même impression de l'arc.

LIV. I. CHAP. IV. *III. OBIECT.* La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

Maintenant les forces & les vîtesses étant proportionelles, si la flêche dans l'air a moins de force en descendant qu'elle n'en avoit par l'impression de l'arc en montant; il paroît qu'elle descend avec moins de vîtesse: & comme elle passe des espaces égaux en l'un & en l'autre, elle doit nécessai-

LIV. I. CHAP. IV.

III. OBJECT.

La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

saïrement emploïer plus de tems à parcourir celui de la descente qu'elle n'en aura mis à passer celui de la montée qu'elle aura parcouru avec plus de vîtesse.

C'est aussi de cette maniére que l'on peut expliquer la différence qui se trouve entre deux coups de pistolet, dont l'un est tiré en bas à plomb d'une grande hauteur comme de trente toises, & l'autre à la distance seulement de huit ou dix piés. Car s'ils passoient tous deux dans un milieu sans résistance, il y a apparence que la force qui a êté également imprimée par le feu à l'un & à l'autre, dureroit toûjours sans altération & passeroit des espaces égaux dans des tems égaux, & que de plus arrivant à cette force externe un nouvel accroissement de vîtesse imprimée par la pésanteur à chaque moment de la chûte ; il est constant que la force & la vîtesse d'une balle de pistolet tirée d'une grande hauteur seroit beaucoup plus grande que celle de la balle tirée de près : car l'une

l'une & l'autre ayant toûjours la même impression du feu, la premiére auroit encore au par dessus de la seconde, la force & la vîtesse qu'elle auroit aquise dans tout le tems qu'elle auroit mis à passer un plus grand espace en tombant.

LIV. I. CHAP. IV. *III. OBJECT.*

La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

Ce qui n'arrive pas dans l'air dont les parties, devant être chassées pour donner passage à la balle, dérobent à chaque moment une portion si considérable de sa vîtesse, tant de celle qui lui est imprimée par le feu que de celle qui lui vient de sa pésanteur, que le composé de l'une & de l'autre se trouve à la fin moindre que celle qu'il avoit reçû du feu dans le commencement de sa chûte, c'est-à-dire que celle de la balle tirée d'une petite distance.

C'est ce qui fait présumer que cette balle de pistolet tombant dans l'air de quelque hauteur que ce puisse être, ne pourroit jamais parvenir, par la seule impression de sa pésanteur, à un dégré de vîtesse & de force pareil à celui

LIV. I. CHAP. IV. *III. OBJECT.* La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

lui que le feu du pistolet lui imprime; y ayant peu d'apparence que la résistance de l'air lui permette jamais d'aquérir d'elle-même une force, qui lui étant une fois imprimée d'ailleurs, lui est si facilement & en si peu de tems ôtée par la même résistance.

Au contraire on peut dire vrai-semblablement que chaque corps selon son poids, sa matiére, & sa figure, a dans chaque milieu un certain dégré de vîtesse déterminé à laquelle il peut arriver en tombant; après quoi se trouvant pour ainsi dire, en équilibre avec la résistance du milieu, il cesse de recevoir accroissement de vîtesse, & son mouvement devient peut-être alors égal & uniforme; au moins tant qu'il trouve de l'uniformité dans les parties du milieu: qui par leur constipation peuvent à la fin devenir assez fortes pour, non seulement diminuer, mais même pour faire entiérement cesser le mouvement du corps tombant.

Et c'est en ce sens que l'on peut en quelque maniére appeller surnaturelle, la vîtesse qu'une force externe im-

prime au corps, lors-qu'elle est plus grande que celle qu'il peut naturellement aquérir en tombant; c'est-à-dire lors-qu'elle surpasse ce dég. déterminé, au délà duquel l'action de sa pésanteur ne lui donne plus d'acroissement de vîtesse. Ainsi cette force & cette vélocité que le feu du pistolet confere à la balle, lui est en quelque façon surnaturelle, puis-quelle est plus grande que celle que la résistance de l'air lui peut permettre d'aquérir dans sa chûte à quelque hauteur que ce soit.

LIV. I, CHAP. IV. *III. OBIECT.* La résistance de l'air altére les proportions du mouvement causé par la pésanteur.

CHAPITRE V.

IV. OBIECTION.

Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans alteration.

CHAP. V. Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans altération.

OUtre ces difficultez qui détruisent les hypothéses sur lesquelles la doctrine de la projection est fondée, l'on peut encore ajoûter qu'il est mal-aisé de comprendre que deux mouvemens si différens comme sont l'égal & uniforme, & celui qui est uniformement accéléré, puissent en-

LIV. I. CHAP. V. IV. OBIECT.

Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans altération.

entrer en composition l'un avec l'autre sans donner ni recevoir aucune altération ; c'est-à-dire que chacun d'eux agisse, dans la composition, en la même maniére qu'ils agiroient s'ils étoient séparez, & que l'égal conserve son égalité dans sa direction & l'accéleré ses dégrez d'accélération proportionée selon la ligne perpendiculaire.

Ce qui est même assez contraire à l'expérience : car dans cette hypothése un corps pésant feroit toûjours autant de chemin en tombant par le mouvement accéléré sur les perpendiculaires, soit qu'il fut emporté d'un mouvement imprimé du dehors avec quelque dégré de vîtesse que ce puisse être, soit qu'il ne se ressentit d'aucune autre impression que de celle de sa pésanteur ; & partant un mobile mettroit justement à arriver à terre d'une certaine hauteur en tombant seulement de son propre poids, qu'il en mettroit êtant emporté d'une impression horizontale par laquelle il

pût

pût faire un tres grand chemin. C'est-à-dire que comme un boulet de Canon ne met, par exemple, que la moitié d'une seconde de tems à tomber de son propre poids de la hauteur de trois piés; il devroit arriver à terre dans le même tems partant d'une piéce élevée de trois piés & pointée horizontalement, qui seroit capable de le chasser à longueur de huit cens toises: ce qui est absurde. Car toutes les expériences font connoître que ces portées horizontales tirées d'une certaine hauteur, emploïent toûjours plus de tems avant que d'arriver à terre, qu'il n'en faudroit au boulet pour tomber cependant d'une hauteur quatre fois, & même en certain cas dix fois plus grande.

LIV. I. CHAP. V. *IV. OBJECT.*

Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans altération.

Ceci se reconnoit encore dans les jets d'eau, & le Pere Mersene dit à ce sujet dans ses hydrauliques, que le Dragon de Rüel, (qui est un jet qui se tourne de toutes parts,) élevé de quatre piés sur l'horizon, jettoit l'eau suivant la direction horizontale

à

LIV. I. CHAP. V. *IV. OBIECT.*

Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans altération.

à trente piés de diſtance en deux ſecondes de tems ; pendant lequel l'eau ſeroit deſcenduë par le ſeul mouvement de ſa péſanteur, de la hauteur perpendiculaire de plus de quarante huit piés. Car comme les eſpaces parcourus du mouvement accéléré ſont entr'eux comme les quarrez des tems, s'il eſt vrai, comme on le voit par l'expérience, qu'un mobile tombe de la hauteur de trois piés perpendiculaires en une demi ſeconde de tems: en deux ſecondes c'eſt-à-dire en un tems quadruple du premier, il doit tomber d'une hauteur ſeize fois plus grande c'eſt-à-dire de celle de quarante huit piés.

Les arquebuſes rayées tirées de but en blanc portent juſte à la longueur de cent toiſes dans le tems d'une ſeconde ; dont la balle devroit néanmoins tomber à terre à la moitié du chemin, ſi l'effet de ſa péſanteur n'étoit pas ſuſpendu par la force de l'impulſion de la poudre.

CHA-

LIV. I. CHAP. VI. V. OBJECT. Les espaces parcourus par le mobile tombant ne sont peut-être pas dans la proportion des quarrés des tems de la chûte.

CHAPITRE VI.

V. OBJECTION.

Les espaces parcourus par le mobile tombant ne sont peut-être pas dans la proportion des quarrés des tems de la chûte.

LA figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection se trouveroit fort altérée, & toutes les conséquences que l'on en tire; si les espaces qu'un mobile parcourt par le mouvement accéléré de sa pésanteur, étoient entr'eux comme les sinus verses, ou s'ils suivoient quelque autre proportion différente de celle des quarrez de tems, comme il est supposé pour produire la ligne parabolique. Et comme il n'a pas jusqu'ici paru de démonstration de cette hypothése, il y a lieu d'en douter; d'autant plus que ces différentes opinions ont été avancées & sont encore soûtenuës par des hommes de grande réputation.

CHA-

LIV. I. CHAP. VII. *VI. OBIECT.* Cette Théorie est souvent contraire à l'expérience.

CHAPITRE VII.

VI. OBIECTION.

Cette Théorie est souvent contraire à l'expérience.

ENfin ce qui peut le plus embarasser dans ce systéme, c'est qu en plusieurs cas il est fort contraire à l'expérience. Car sans s'arrêter à celles qui peuvent avoir donné lieu aux régles d'Ufano, de Galée, & des autres dont il a été parlé dans la premiére partie; il est certain qu'un mousquet qui chassera par exemple à la longueur de trois cens soixante toises à toute volée, portera cent toises de but en blanc, c'est-à-dire du quart de sa plus grande portée: au lieu que suivant les tables de cette hypothése il ne devroit point chasser du tout étant tiré horizontalement; & qu'à l'élévation d'un dégré il ne devroit porter guéres plus loin qu'à la trentiéme partie de la même portée, & à la quinziéme élevé de deux dégrez; & qu'enfin pour le faire chasser à celle de cent toises, lors-qu'à 45 dégrez il porte à trois cens

cens soixante to., il faudroit le tirer sous la direction de huit dégrez. De sorte qu'un soldat qui croiroit tirer son mousquet à la hauteur de son œil, le tiendroit êlevé au pardessus à la hauteur de huit dégrez sans le connoître. Ce qui est absurde.

LIV. VII. CHAP. VII.

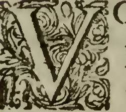
VI. OBIECT.

Cette Théorie est souvent contraire à l'expérience.

LIV.II. Réponces aux objections propo- sées contre la Théorie.

LIVRE DEUXIEME

Réponces aux objections proposées contre la Théorie.



VOilà la plus grande & la plus importante partie des raisons que l'on apporte contre les suppositions sur qui nous avons fondé la doctrine des projections que nous avons expliquée ; auxquelles nous allons répondre à peu près dans le même ordre qu'elles ont été proposées.

CHAPITRE PREMIER.

Réponce à la premiére Objection.

CHAP. I. Réponce à la premiére objection.

L'On ne peut rien nier dans la premiére ; étant tres-véritable (à le prendre à la rigueur,) que les lignes horizontales, c'est-à-dire également distantes du centre de la terre en toutes leurs parties, sont des arcs de cercle & ne peuvent jamais être lignes droites ; & que les perpendiculaires, c'est-

c'est-à-dire celles qui tendent au même centre, ne sauroient jamais être paralleles. Et qu'ainsi la ligne de projection d'un corps pésant, supposé même que le mouvement imprimé fut égal & uniforme & celui de la pésanteur uniformement accéléré, ne peut être ligne parabolique, mais bien une espéce de spirale.

Réponce à la premiére objection.

Il n'y a rien, dis-je, de plus certain que ce raisonnement pris dans la sévérité des démonstrations Géometriques; mais si l'on considére la distance qu'il y a entre le centre de la terre & le lieu où nous faisons nos projections, & le peu d'étenduë de ces mêmes portées en comparaison de sa surface: l'on ne pourra pas trouver mauvais que nous fassions les mêmes hypothéses qu'Archimede a faites sur un sujet de pareille nature, lors-que dans son livre *des Equiponderans* & dans celui *de la Quadrature de la parabole*, il a supposé que le joug de la balance posée horizontalement fut une ligne droite, & que les cordes, auxquelles

R les

LIV. II. CHAP. I. Réponce à la premiére objection.

les poids pendans aux bouts de la balance ſont attachez, fuſſent paralleles entr'elles; quoi qu'en effet le joug horizontal ſoit portion de cercle & les cordes perpendiculaires, ſoient lignes qui ſe rencontrent au centre de terre.

Cependant comme les conſéquences qu'Archimede à tirées de ſes ſupoſitions, qui ſont d'une vérité inconteſtable dans la Théorie, raportées à la Pratique des plus grandes meſures qui ſoient parmi nous; reçoivent ſi peu d'altération, (pour ne pas dire point du tout, au moins qui ſoit ſenſible:) perſonne n'a fait difficulté de les admettre; & c'eſt ſur ce fondement que nous avons la piûpart de nos plus belles conoiſſances de Mécanique.

A ſon exemple nous pouvons bien ſuppoſer la même choſe. Et comme on ne peut nier que les projections qui ſeroient faites horizontalement dans une diſtance *infiniment* éloignée du centre de la terre, (dans laquelle

la

la ligne de direction horizontale du mouvement imprimé du dehors seroit une ligne droite, & les perpendiculaires du mouvement de la pésanteur du mobile seroient des lignes paralleles,) ne soient lignes paraboliques: l'on ne peut aussi raisonablement disputer que les projections qui se font parmi nous, mêmes les plus grandes & des plus grandes hauteurs, ne soient de la même nature; s'il n'y a point de différence, ou si celle qui s'y rencontre est telle qu'il soit impossible de s'en appercevoir.

LIV. II. CHAP. I.

Réponce à la premiére objection.

Or il est vrai que posant qu'il fut possible qu'une piéce d'Artillerie, pointée horizontalement sur une montagne de cent toises de haut au dessus du niveau d'une Campagne, chassât à la longueur d'une de nos lieuës ordinaires de 2500 toises, qui est la plus grande distance que l'on puisse s'imaginer pour la portée d'une piéce pointée horizontalement: les perpendiculaires tirées des extrémitez de cette longueur, ne se rapro-

LIV. II. CHAP. I.

Réponce à la premiére objection.

chent pas de la grandeur de six pouces dans toute cette étenduë d'une lieuë & dans la hauteur de cent toises.

Ainsi je laisse à juger si trouvant par le calcul des tables faites sur la nature de la ligne parabolique, qu'une portée dût être de 2500 toises; il arrivoit que cette portée par l'expérience n'arrivât qu'à la longueur de 2499 toises 5 piés & 6 pouces & demi; l'on en devroit plûtôt imputer la faute à l'inclination des perpendiculaires qu'à toute autre raison: vû même qu'il est moralement impossible de s'assûrer jusqu'à ce point de l'exactitude de la mesure actuelle dans une si grande étenduë.

Ce que je dis de six pouces dans cette supposition qui ne vient peut-être jamais en pratique, ne monte pas à six lignes aux projections de cent toises de longueur sur vint toises de hauteur, & vient absolumenr à rien dans nos portées ordinaires.

C'est-à-dire que bien que la ligne de la projection d'un mobile soit véritable-

Réponce à la premiére objecti-on.

tablement une helice ou ſpirale du ſecond genre dans toute ſon étenduë, à le prendre depuis le point du départ juſqu'à celui du centre de la terre, (au cas que le chemin lui fut ouvert;) il eſt auſſi tres vrai que la portion de cette helice, qui eſt coupée dans ſon commencement par la ſurface de la terre que nous habitons, eſt tellement ſemblable à la ligne parabolique, que l'on peut hardiment prendre l'une pour l'autre, ſans craindre de faire erreur qui puiſſe jamais devenir ſenſible dans nos pratiques.

Comme dans la figure qui a été raportée ci-devant. Quoi que toute la ligne AFGHN de la projection d'un mobile depuis le point du départ A êlevé, par exemple, de la hauteur A K ſur l'horizon K F, juſqu'au centre de la terre, N, ſoit

LIV. II. CHAP. I.

Réponce à la seconde objection.

une helice ou ſpirale ; ſa portion néanmoins A F coupée dans ſon commencement par la ſurface de la terre KF, ſur laquelle la projection eſt terminée, eſt tellement ſemblable à la ligne parabolique que, même ſuppoſé que la hauteur A K fut de cent toiſes, & l'horizontale AC d'une lieuë ou de 2500 toiſes ; la portée KF qui, dans l'hypothéſe que A F ſoit parabolique, eſt auſſi de 2500 to., n'en eſt pas éloignée de ſix pouces dans l'helice, dans laquelle elle eſt de 2499 to. 5 piés 6 $\frac{1}{2}$ pouces. La même KF ne ſera point différente de l'horizontale AC de ſix lignes, ſi AC eſt ſuppoſée de cent toiſes & A K de vint to. ; car KF ſera de 999 to. 5 piés 11 pouces 6 $\frac{1}{5}$ lignes. Ce qui s'évanoüit entiérement aux projections ordinaires dont les portées ne ſont pas ſi grandes, non plus que les hauteurs au deſſus du niveau.

LIV. II. CHAP. II.

CHAPITRE II.

Réponce à la seconde objection.

Réponce à la seconde objection.

IL ne seroit pas plus raisonnable de contester la seconde des raisons, que l'on apporte contre notre hypothése ; pour expliquer les altérations que la résistance de l'air peut apporter au chemin que doit faire un mobile poussé d'une force externe, dont nous avons supposé les espaces égaux qui sont parcourus dans des tems égaux. Car il est vrai qu'un mobile ne sauroit détourner les parties de l'air qu'il rencontre dans son passage, sans leur imprimer du mouvement & sans diminuer par conséquent la vîtesse de celui qui lui a été imprimé du dehors.

Il est donc tres véritable que, (raisonant à toute rigueur,) les espaces qu'ils parcourent dans des tems égaux, avec une vîtesse qui diminuë continuellement, ne peuvent point être égaux : & que, supposé même que le mouvement de la pésanteur qui se fait par les perpendiculaires,

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

ſuivit toûjours les loix du mouvement uniformement accéléré; la ligne néanmoins de la projection, qui nait de la compoſition de ces deux mouvemens, ne ſauroit être ligne parabolique. Reſte donc à conſidérer de combien les projections qui ſe font parmi nous, où la réſiſtance de l'air s'oppoſe au paſſage du mobile & en altére le mouvement, ſont différentes de celles qui ſe feroient avec la même direction & les mêmes dégrez de vîteſſe dans un milieu ſans réſiſtance.

Il eſt difficile, (pour ne pas dire impoſſible,) de parler avec ſcience & certitude de tous les effets de la réſiſtance en général, à cauſe de ſon irrégularité preſqu'infinie; agiſſant en mille maniéres différentes ſur les mobiles, non ſeulement ſuivant les différences de leur péſanteur, de leur matiére, de leur figure, de leur direction, de la vîteſſe & de la durée de leur mouvement, & des eſpaces qu'ils parcourent, ainſi que nous avons dit cidevant; mais même ſuivant la diffé-

rence des parties du milieu qui la causent, leur rareté ou densité, leur dureté ou mollesse, leur ténacité, leur poids, leur configuration, leur ressort, leur situation, leur repos ou leur agitation,& la facilité ou la difficulté qu'elles ont à recevoir l'impression des causes externes & à la conserver long-tems ou la perdre aussi-tôt qu'elles l'ont reçûë.

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

Toutes ces différences,qui sont cause, comme j'ai dit,que l on ne peut pas faire une science complete sur ce sujet, n'empêchent pas néanmoins que l'on ne sache que les corps pésans, de figure ronde,& dont la vîtesse n'est pas excessive, sont ceux qui se ressentent le moins de cette résistance, lors-qu'ils sont portés dans un milieu rare comme est celui dans lequel nous faisons nos projections ordinaires, c'est-à-dire dans l'air. Et qu'ainsi ces projections & particuliérement celles des Bombes, à qui le feu du mortier n'imprime point de vîtesse déméfurée, qui sont rondes, d'un assez grand poids & qui

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

ne ſont pas portées dans des diſtances exceſſives, ſont du nombre de celles qui ſe trouvent le moins altérées, & ſi on les examine de près, on trouvera que la ligne qu'elles tracent dans l'air par leur paſſage eſt tellement ſemblable à la parabolique, que l'on peut dire hardiment que l'altération qu'elles reçoivent de la réſiſtance du milieu eſt abſolument inſenſible.

Car, (à le bien prendre,) la petiteſſe & le peu de durée des mouvemens que nous pouvons imprimer par artifice aux mobiles & que nous pratiquons ordinairement parmi nous, ſont que l'on ne ſe peut preſque point appercevoir qu'ils ſont retardez ou arrêtés par les empêchemens du dehors; entre leſquels celui de la réſiſtance du milieu dans lequel ſe fait le mouvement eſt le plus conſidérable.

La force & l'énergie de la réſiſtance de l'air ſe fait principalement connoître ſur les mobiles en deux rencontres; l'une en ce qu'elle altére plûtôt & plus conſidérablement le mouve-

vement de ceux qui ont peu de poids, que de ceux qui ſont plus péſans. L'autre eſt à l'égard des mobiles ſemblables, égaux & de même péſanteur, mais qui ſont portez avec des vîteſſes différentes, ſur qui la réſiſtance de l'air fait d'autant plus d'impreſſion que leur mouvement ſe fait avec plus de vélocité. Voici néanmoins deux obſervations de Galilée, qui font voir que même dans ces deux cas, ce que la réſiſtance de l'air peut changer aux mouvemens que nous pouvons imprimer par nos artifices aux mobiles qui ſe meuvent dans les diſtances & avec les vîteſſes qui ſont ordinaires parmi nous, eſt tres-peu de choſe.

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la ſeconde objection.

La premiére eſt de deux corps de même figure & de même grandeur, mais de différentes péſanteurs comme ſont deux balles de même groſſeur dont l'une ſoit de bois & l'autre de fer où de plomb, qui ſera par conſéquent, dix ou douze fois plus péſante que l'autre; leſquelles il faut laiſſer tomber en même tems d'une même hau-

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

teur, comme de celle de cinquante toises, qui est un espace assez grand pour donner lieu à la résistance de l'air de faire remarquer la différence de son action sur des pésanteurs tellement éloignées l'une de l'autre. Car s'il est vrai qu'elle agisse peu sur le plomb, & beaucoup sur le bois, le plomb doit en tombant laisser le bois beaucoup en arriére, & être à terre un tems considérable avant l'autre. Ce qui n'arrive pourtant point, car lors-que le plomb touche à terre, le bois n'en est pas éloigné de la hauteur de dix ou douze pouces, c'est-à-dire de plus de la trois centiéme partie de toute la hauteur de la chûte, bien loin d'en être éloigné de la dixiéme, comme il arriveroit si les vîtesses & les espaces êtoient, comme dit Aristote, proportionez aux pésanteurs des mobiles qui tombent.

Cependant la vîtesse que ces deux mobiles aquierent par le mouvement uniformement accéléré tombant de la hauteur de cinquante toises, & qui

est

est à peu près la même en l'un & en l'autre, est assez grande pour faire parcourir à chacun d'eux un espace de cent toises d'un mouvement égal & uniforme dans un tems égal à celui de leur chûte, c'est-à-dire dans le tems d'environ cinq secondes. Elle est même assez grande pour être comparée à celle des mouvemens que nous pouvons imprimer par artifice aux mobiles, puis-que celle-là même que le feu donne à la balle d'une arquebuse qui lui fait parcourir près des mêmes cent toises en une seconde, n'est pas cinq fois plus grande que celle-ci. Ce qui fait voir que puis-que, dans une si grande vîtesse, dans un si grande espace & dans une si grande différence de pésanteur, il y a si peu de différence d'étenduë de portée dans un même tems ; l'on ne doit pas présumer que la résistance de l'air apporte de grans changemens dans les mouvemens de nos projections ordinaires.

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

L'autre est pour faire voir que l'empêchement qu'un mobile reçoit de

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

la résistance de l'air, lors-qu'il se meut avec beaucoup de vîtesse, n'est guéres plus grand que celui qu'il ressent quand il est mû plus lentement. Suspendez, dit-il, deux balles de plomb égales & de même figure à deux filets de même longueur comme de six ou sept piés, dont les bouts soient attachez au plancher; puis éloignez en même tems les deux balles de leur état perpendiculaire où elles se trouvent quand elles sont en repos, mais en maniére que l'une s'en éloigne de 80 dégrez ou même plus, & l'autre seulement de 4 ou 5 dégrez: ensorte que les laissant dans la liberté de leur mouvement, la premiére décrive de tres-grans arcs comme de 160: de 150: de 140: dégrez & ainsi de suite en diminuant peu à peu; l'autre au contraire ne passe que de petits arcs comme de 8: de 6: de 4: dégrez en les diminuant aussi petit à petit.

Vous remarquerez, dit-il, premiérement que la vîtesse de l'un est seize ou dixhuit fois plus grande que

cel-

celle de l'autre ; & que si la résistance de l'air retardoit beaucoup plus le mobile lors-que sa vîtesse est grande que lors-qu'il se meut plus lentement, elle devroit se faire ressentir davantage sur la balle qui passe de si grans arcs, & rendre par conséquent ses vibrations (c'est-à-dire ses allées & ses retours) plus rares & moins fréquentes que ne sont les vibrations de la balle qui passe des petits arcs. Ce qui pourtant, n'arrive point : car l'expérience nous fait connoître que ces vibrations des balles pendantes à des filets de même longueur se font si justement dans les mêmes tems, soit que l'une passe des arcs cent fois, pour ainsi dire, plus grans que l'autre, que si deux personnes se donnent le soin de les conter chacune à part, elles se trouveront toûjours ensemble dans les mêmes nombres, sans trouver aucune différence non seulement après les avoir contées par centaines, mais même dans celles qui sont répetées mille & mille fois.

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la ſeconde objection.

Ce n'eſt pas que l'on n'y puiſſe à la fin trouver du changement : car nous ſavons par l'expérience des horloges à pendules, que leurs vibrations ſont un peu plus fréquentes & quelles vont tant ſoit peu plus vîte lors-que le reſſort eſt à ſa fin & qu'il ne peut donner que tres-peu de mouvement à la pendule, que lors qu'étant dans ſa force il lui fait décrire des grans arcs ; mais cela ne ſe connoît qu'avec beaucoup de tems. Et l'on peut de ces expériences tirer une conſéquence aſſûrée, que l'effet de la réſiſtance de l'air ſur les mouvemens que nous pratiquons ordinairement parmi nous, eſt peu de choſe.

J'ajoûterai à ces raiſonnemens que poſé même qu'il fut vrai, que l'air pût apporter une altération conſidérable au mouvement des projections, & qu'il y eut beaucoup de différence entre l'étenduë d'un jet fait dans un milieu ſans réſiſtance & celle d'un autre jet fait dans l'air avec la même impreſſion de vîteſſe: l'on ne pourroit

pas

pas pour cela tirer aucune conséquence contraire aux pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce discours. Ce que l'on feroit avec justice si la résistance de l'air n'agissoit pas uniformement & de la même maniére sur tous les mobiles égaux, semblables & de même poids, & poussez d'une même vîtesse sous quelqu'angle de direction que ce puisse être: ou si dans les régles que nous avons proposées, nous avions comparé les portées qui se font dans l'air avec celles qui se feroient dans un milieu sans résistance.

Réponce à la seconde objection.

Mais il n'y a rien de semblable dans nos suppositions ; & toutes nos régles & les Tables mêmes qui sont construites pour cét effet, ne considérent que les étenduës des projections des mobiles qui se font dans un même milieu c'est-à-dire dans l'air, avec la même impression de force ; sans relation à ce qui leur arriveroit dans quelque autre milieu que ce puisse être. Car nous avons toûjours supposé que l'on

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

l'on fit une épreuve de la piéce ou du mortier dont on veut se servir sous la direction d'un angle connû, & que l'on mesurât l'étenduë de la portée avec toute la justesse & la précision possible, ensorte que l'on pût s'appuyer assûrément sur la certitude de cette expérience; appellant cette portée *premiére & fondamentale*; à laquelle il faut rapporter tous les autres jets que l'on auroit à faire avec la même piéce ou mortier, chargé de la même maniére, & sous la direction de tout autre angle proposé.

Ainsi l'on peut dire avec beaucoup d'apparence que ces mobiles se ressentant également de la résistance du milieu, conservent entr'eux de fort près la même proportion pour la figure, la durée & l'étenduë de la ligne qu'ils décrivent dans leur passage, qu'ils auroient s'ils ne trouvoient aucun obstacle dans leur chemin. Ce qui est si conforme à l'expérience que dans les jets d'eau même qui par le peu de pésanteur & par la fluidité de la matiére,

se ressentent beaucoup de l'effort de la résistance de l'air, l'on remarque que l'étenduë de ceux qui se font sous l'angle de 45 dégrez, est double de la hauteur des perpendiculaires, ou s'approche de si près de ces mesures que dans les jets de six piés de haut la différence ne sera pas de quatre lignes.

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

Ce n'est pas que l'on ne puisse appercevoir de cette différence dans les autres jets dont les portées devroient, suivant les régles, être égales, quoi que le chemin qui se fait dans l'un soit plus grand que celui qu'il parcourt dans l'autre; je veux dire dans les portées des projections qui se font sous des angles également éloignez au-dessus ou au-dessous du demi-droit. Car il est vrai que celles qui s'approchent le plus de la perpendiculaire & dont les élévations sont au-dessus, ayant plus de chemin à faire que celles qui s'approchent plus de l'horizontale & dont les élévations sont au-dessous, se ressentent plus de la résistance de l'air, & sont par conséquent tant soit peu plus courtes que les autres.

A

LIV. II. CHAP. II.

Réponce à la seconde objection.

A quoi l'on doit peut-être rapporter les expériences que Loüis Collado Ingénieur du Roi d'Espagne dont nous avons parlé dans la prémiére partie de ce discours, raconte des portées d'un fauconeau de trois livres de balle tirées suivant les différens points de l'Equerre; parmi lesquelles, quoi que tres-défectueuses, l'on ne laisse pas de remarquer qu'au septiéme point la balle chût, comme il dit, plusieurs pas en deçà de la portée du sixiéme; au huitiéme elle tomba entre les portées du troisiéme & du quatriéme point, & au neuviéme entre celles du second & du troisiéme; qui selon les régles devoient tomber le septiéme sur le cinquiéme, le huitiéme sur le quatriéme, & le neuviéme sur la portée du troisiéme point.

CHA-

LIV. II. CHAP, III.

CHAPITRE IIII.

Réponce à la troisieme objection.

Réponce à la troisiéme objection.

JE me servirai de toutes ces raisons pour répondre à la troisiéme objection que j'ai rapportée ci-devant, par laquelle on prétend que dans la projection d'un mobile, la même résistance de l'air change beaucoup les proportions du mouvement uniformement accéléré que la pésanteur lui imprime. Car quoi qu'il soit vrai que chaque corps, suivant son poids, sa figure & sa grandeur, doive avoir dans chaque milieu un dégré borné de vîtesse, qu'il est capable d'aquérir en tombant d'une hauteur déterminée; qu'au de-là de cette hauteur il ne peut plus recevoir d'accroissement de vélocité; & que toute autre vîtesse plus grande, imprimée par quelque cause externe au mobile, lui est en quelque façon surnaturelle: l'on ne peut néanmoins nier que les corps solides, ronds & pésans comme sont nos bom-

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objection.

bombes & nos boulets de Canon, ne ſoient ceux d'entr'eux dont le dernier terme de l'accroiſſement de vîteſſe eſt le plus éloigné du commencement de leur chûte, & ſur qui l'effet de la réſiſtance de l'air doit moins paroître dans les petites hauteurs comme ſont celles de nos projections.

Ainſi, quoi qu'il arrive, comme on dit & comme il y a beaucoup d'apparence, qu'un de ces mobiles en tombant perde à la fin, par la réſiſtance de l'air, la vertu que ſa péſanteur lui donne d'augmenter inceſſamment ſa vîteſſe: comme cela ne lui doit arriver qu'après un grand tems & après être tombé d'une hauteur extraordinaire, il ſeroit mal-aiſé de s'appercevoir ſitôt de ce changement, qui ne ſauroit être grand dans les hauteurs où nous faiſons ordinairement nos projections.

Ce qui ſe confirme par les expériences dont le Pere Merſene parle dans ſa Baliſtique & qui ſont raportées dans cette objection; car après

avoir dit, qu'une flêche qui monte en trois ſecondes de tems à la hauteur de 50 toiſes, met en-ſuite cinq ſecondes à deſcendre; & que montant en cinq ſecondes à une plus grande hauteur, lors-que la force de l'arc eſt plus grande, elle employe ſept ſecondes dans ſa deſcente; il aſſûre qu'il a reconnu par des épreuves répétées plus de cent fois que les bombes qui peuvent s'êlever à la hauteur perpendiculaire de plus de cent toiſes, mettent préciſément autant de tems à monter qu'à deſcendre.

Réponce à la troiſiéme objection.

D'où l'on peut conjecturer que ce qu'il rapporte des flêches, (s'il eſt vrai qu'il ait pû remarquer ſi juſtement la hauteur de leur jet perpendiculaire & le tems de leur montée & de leur deſcente,) peut provenir, non ſeulement de la réſiſtance de l'air dont l'effet ſur les flêches a été ſuffiſamment expliqué dans la troiſiéme objection, mais même parce que la pointe de la flêche ayant plus de poids, ſe porte toûjours en avant la pré-

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objection.

premiére tant qu'elle est en mouvement; desorte que lors-qu'en montant la pointe en haut, elle est parvenuë à la hauteur perpendiculaire où la force imprimée la peut faire monter, il lui faut du tems pour se renverser & pour faire que la pointe se tourne du côté qu'elle doit se mouvoir en descendant, c'est-à-dire vers le bas. Et quoi que dans ce moment la flêche, à bien parler, ne descende pas encore, ne faisant que changer la situation de ses parties : ce tems néanmoins étant pris pour celui de la descente, que l'on a accoûtumé de conter du moment qu'elle cesse de monter, le fait paroître plus grand que celui de la montée; quoi qu'en effet ils ne soient pas fort differens l'un de l'autre, non plus que dans le mouvement des Bombes & des autres mobiles ronds, qui étant également pésans en toutes leurs parties, n'ont point de changement à faire entr'elles, & mettent par conséquent autant de tems à monter qu'à des-

descendre. D'où l'on peut enfin nécessairement inférer que le changement que la résistance de l'air apporte à leur mouvement, n'est point sensible.

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objection.

L'on voit par l'une des observations de Galilée que, dans les mobiles de même grandeur & de même figure & qui tombent ensemble de même hauteur, la différence du poids ne fait pas beaucoup de différence de mouvement, puis qu'une balle de bois tombant de la hauteur de trente toises arrive presque aussi-tôt à terre qu'une de plomb, quoi que celle-ci soit dix ou douze fois plus pésante que l'autre. Ce que nous reconoissons encore mieux par les jets perpendiculaires des liqueurs comme de l'eau & du vif argent, qui partant d'une même hauteur de source remontent presqu'à la même hauteur du jet, comme nous l'expliquerons mieux ci-après, quoi que l'eau soit plus de treize fois moins pésante que le vif argent. D'où nous pouvons conclure que l'effet de la résistance

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objeċtion.

de l'air quelque considérable qu'il puisse devenir sur les corps qui tombent de fort haut, n'est pas fort sensible dans les hauteurs où nous pouvons porter les mobiles à qui nous donnons le mouvement par nos artifices.

Au reste, si l'on suppose, comme il est vrai-semblable, que la résistance du milieu agit également sur des mobiles égaux, semblables & de même poids, pourvû qu'ils soient portez d'une même vîtesse; & que la différence de ses effets dépend principalement de la différence du tems que le mobile employe à se mouvoir, ensorte qu'elle se fasse plus ou moins ressentir selon que le corps mû fait plus ou moins de chemin en quelque direction que ce puisse étre: l'on peut dire avec beaucoup d'apparence que nos bombes & nos boulets de Canon,(que nous supposons toûjours égaux, semblables,de même poids,& portez d'une même vîtesse, qui lui est imprimée par le feu d'une même piéce ou d'un même mortier chargé de la même

pou-

poudre & de la même maniére,) conservant dans l'air les mêmes proportions, pour la différence des portées suivant les différentes inclinations de direction, qu'ils auroient dans un milieu sans résistance : & que l'on peut par conséquent se servir des régles & des tables que nous avons rapportées, quoi qu'à le prendre à la rigueur, elles supposent que le mobile ne ressente aucune altération par les empêchemens externes dans son mouvement.

LIV. II. CHAP. III. Réponce à la troisieme objection.

Pour regarder la chose de plus près, il faut considérer que la résistance de l'air agissant sur la projection d'un mobile en deux maniéres savoir, en retardant l'effet du mouvement uniformement accéléré que la pésanteur lui imprime suivant les perpendiculaires, & en retardant par celui du mouvement égal qui lui a été donné la force de dehors selon la ligne de sa direction : par la premiére cette résistance agrandit l'étenduë de la portée du jet, & par l'autre au contraire elle la diminuë ; ainsi l'on peut raison-

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objection.

nablement conjecturer que ces deux empêchemens se détruisent réciproquement l'un l'autre, & que le dernier ôtant de l'étenduë ce que le premier lui ajoûte, elle demeure par une espéce de compensation dans sa légitime grandeur, & telle à peu près qu'elle seroit dans un milieu sans résistance.

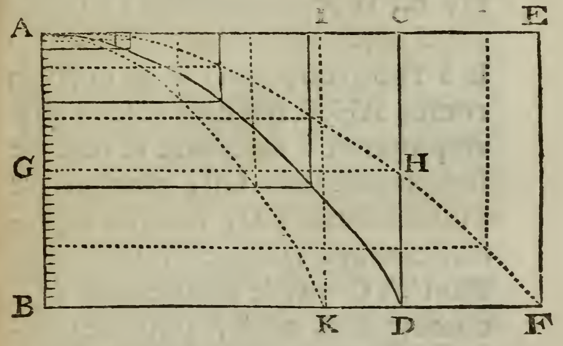
Comme si le mobile partant du point A suivant la direction A C parcouroit dans un milieu sans résistance toute la ligne A C d'un mouvement égal pendant le tems qu'il descendroit par le mouvement uniformement accélére de toute la hauteur perpendiculaire A B; il est constant que par la composition des deux mouvemens, il se trouveroit au point D où la perpendiculaire C D égale à AB rencontre la ligne horizontale B D, après avoir décrit dans son passage la ligne parabolique A D. Posons maintenant que la résistance de l'air se fasse seulement sentir sur le mouvement égal du mobile sans toucher à l'uniformement accéléré; en sorte

que

que dans le même tems qu'il descend du point A en B, il ne parcourre sur la ligne de la direction AC que la longueur AI moindre que A C : il est encore évident que par la composition des deux mouvemens, le mobile se trouveroit en K où la perpendiculaire I K égale à AB rencontre la même horizontale B D ; & que l'étendüe de la projection BK étant en

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objection.



ce cas diminuée par la résistance de l'air, seroit moindre que l'étendüe B D de la projection dans un milieu sans résistance. Mais si laissant le mouvement égal suivant la direction A C sans le troubler, nous en-

LIV. II. CHAP. III.

Réponce à la troisiéme objection.

entendons que la résistance de l'air se fasse seulement sentir sur le mouvement uniformement accéléré de la pésanteur ; ensorte que dans le tems que le mobile partant du point A arrive par le mouvement égal au point C, il ne soit cependant descendu que de la longueur perpendiculaire A G : il paroît que le mobile par la composition de ces deux mouvemens seroit en H, où la perpendiculaire CH égale à AG rencontre la droite GH parallele à l'horizon, après avoir décrit la courbe AH; & que dans le tems qu'il employeroit à descendre le reste de la perpendiculaire GB, pour arriver à l'horizontale B D, il auroit cependant continué sa route suivant la direction A C par le mouvement égal comme de C en E ; afin de se trouver en F où la perpendiculaire EF égale à A B rencontre l'horizontale B D continuée ; & par ce moïen l'étenduë de la projection B F se trouveroit agrandie par la résistance de l'air. & plus longue que l'étenduë B D

qui

qui se feroit dans un milieu sans résistance. LIV. II. CHAP. III.

Puis donc que la résistance de l'air lors-qu'elle agit seulement sur le mouvement uniformement accéléré, agrandit l'étendüe du jet, comme au contraire elle la diminüe lors-qu'elle retarde seulement l'effet du mouvement égal, & qu'il y a grande apparence que cette résistance agit uniformement sur un même mobile. L'on peut, ce me semble, dire avec quelque fondement de raison que ces deux effets, qui agissant ensemble seroient considérables sur l'étendüe du mobile s'ils se faisoient sentir de même part, deviennent par leur contrarieté insensibles sur la même étendüe ; & que l'un lui rendant ce qui lui est ôté par l'autre, elle demeure par cette compensation dans une espéce d'équilibre & à peu près au même état qu'elle seroit si elle n'étoit aucunement altérée.

Réponce à la troisiéme objection.

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

CHAPITRE IV.

Réponce à la quatriéme objection.

LA difficulté qui vient de la composition des deux mouvemens dont il est parlé dans la quatriéme objection est plus grande. Car bien que l'on puisse assez bien comprendre ce qui arrive sur ce sujet lors-que les mouvemens sont purement mathématiques, c'est-à-dire lors que l'on les suppose parfaitement réglez & incapables d'aucune altération : il n'en est pas de même de ceux qui se font parmi nous, lesquels dépendant de mille causes physiques qui nous sont pour la plûpart inconües, sont par conséquent sujets à plusieurs changemens dont il n'est pas facile de rendre raison.

Ainsi Gallilée pour répondre à la même objection qu'il se fait lui-même, excepte premiérement des régles de sa Théorie, les effets prodigieux du mouvement que le feu de la poudre imprime aux balles d'Artillerie, dont la vîtesse est, dit-il, surnaturelle,

relle, parce que le mobile en tombant de quelque hauteur que ce puiſſe être, ne pourroit jamais naturellement en aquérir une pareille Il avoüe même qu'il y. a quelque apparence que la ligne que décrit la balle d'un mouſquet ou d'un Canon, eſt au moins dans ſon commencement plus droite qu'il ne faut pour être parabolique, & qu'elle ne ſeroit effectivement ſi l'impreſſion de ſa vîteſſe n'êtoit pas ſi violente.

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

Dans un autre endroit, faiſant réfléxion ſur la table des amplitudes des paraboles, que nous avons raportée ci-devant, & dans laquelle il met un o ſous les angles de o & de 90 dég. c'eſt-à-dire pour l'êtenduë du jet horizontal auſſi-bien que du perpendiculaire; il fait dire à *Sagredo*, (qui eſt un de ceux qui parlent dans ſes Dialogues,) qu'il n'a point de peine à comprendre ce qu'il dit pour le jet perpendiculaire parce qu'il n'y a point de force quelle qu'elle ſoit, qui puiſſe, en portant le mobile ſuivant cette direction à l'infini

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

donner au jet aucune autre étenduë que la perpendiculaire : mais qu'il ne peut pas si bien concevoir, qu'une force quelque grande qu'elle puisse être, ne puisse point porter un mobile horizontalement en ligne droite à une distance si petite que l'on puisse s'imaginer ; & qu'un boulet de Canon commence à descendre au premier moment qu'il sort de la bouche de la piéce pointée, comme on dit, de point en blanc, & quitte la ligne de direction sans pouvoir aucunement marcher en ligne droite.

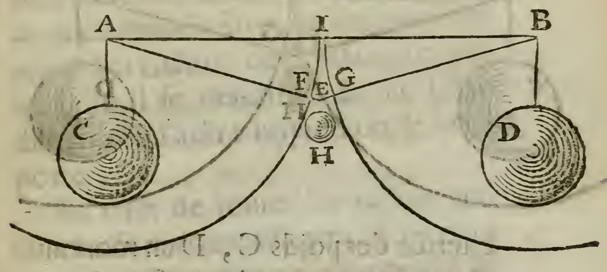
J'assûrerois même que cela est, dit-il, absolument impossible, si je n'en êtois retenu par un autre accident de la nature, qui n'est pas moins bigearre ni moins surprenant que celui-ci ; dont il y a néanmoins une démonstration Géometrique : c'est qu'il n'y a point de force quelle qu'elle soit, qui soit capable d'étendre une corde posée horizontalement en ligne droite. Comme si l'on attache aux extrémitez de la corde A B, deux poids C, D

quel-

quelque grans qu'ils soient ; je dis qu'ils ne pourront jamais étendre la corde horizontalement de telle sorte qu'elle fasse une ligne droite A B. Car si l'on entend que le poids de la corde, agissant en I soit égal au poids H ; il est constant, par

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

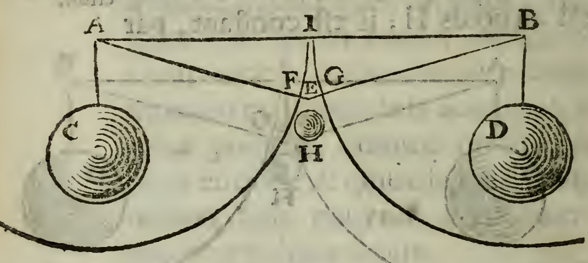


les régles de la Mécanique, que le poids H descendra & fera monter les deux poids C & D toutes les fois que le chemin I E que le poids H fera en descendant aura plus grande raison au chemin E F que les poids C, D feront au même tems en montant, que les mêmes poids C, D ensemble n'ont au poids de la corde H. Et comme la raison des poids, C, D ensemble au poids H, ne sauroit jamais

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

être si grande que l'on ne puisse faire un angle comme E A I dont la tangente comme I E n'ait encore une plus grande raison à la partie de la sécante E F ; c'est-à-dire le chemin du poids de la corde H en descendant, au



chemin des poids C, D en montant : il paroît que ces poids ne sauroient jamais empêcher que le poids de la corde ne descende, ni jamais par conséquent l'étendre en ligne droite.

Galilée prend, en-suite de ce raisonnement, occasion de dire que ces deux cas sont si semblables, que ce que l'on démontre de l'un peut être entendu de l'autre sans difficulté : car les deux poids sont à l'égard de la corde qu'ils-tirent, comme la vitesse de

l'im-

l'impreſſion eſt à l'égard du boulet qu'elle emporte horizontalement. Et comme ces poids, quelques péſans qu'ils ſoient, ne peuvent jamais empêcher que le poids de la corde n'agiſſe & ne la détourne de la ligne droite, où les deux poids la veulent étendre: ainſi cette impreſſion, quelque violente qu'elle puiſſe être, ne ſauroit ôter au boulet l'action de ſa péſanteur, par laquelle il ſe détourne de la ligne droite, où l'autre impreſſion le veut porter.

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

En effet de toutes les raiſons qui ſont à nôtre connoiſſance, il ny en a aucune qui détruiſe cette propriété de la nature: il faut pour la combatre avoir recours aux expériences comme on a fait dans la quatriéme objection. Surquoi je dirai premiérement au ſujet de celles que l'on rapporte des boulets de Canon qui tirez horizontalement mettent, comme on dit, beaucoup plus de tems à arriver à terre, qu'ils ne feroient s'ils tomboient ſeulement de leur poids de la hauteur de la bouche

LIV. II. CHAP. IV.

Réponce à la quatriéme objection.

la piéce; que ces expériences sont extrémement suspectes particuliérement en deux choses, dont l'une est pour ce qui regarde la justesse de la direction horizontale de la piéce, & l'autre est au sujet de la conduite de la balle qui ne suit pas toûjours précisément cette direction.

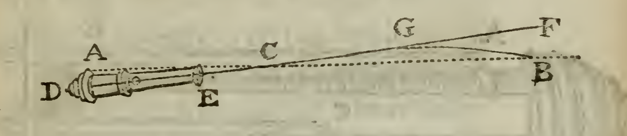
La plûpart des Canoniers s'imaginent que leur Canon est pointé justement de but en blanc, lors qu'ayant remarqué quelque endroit opposé dans le niveau de leur piéce, ils la pointent vers cét endroit en mirant au long du métail, & font ensorte que la ligne de leur vûë passant de la culasse au bourlet, découvre le but où ils visent: en quoi ils se trompent de beaucoup; car le niveau de l'ame porte plus haut que cette mire, & fait par conséquent monter le boulet au dessus de la ligne horizontale.

Comme si la piéce A E est pointée vers un point dans le niveau de la piéce comme B, ensorte que la ligne de la mire qui passe de la culasse A au

haut

haut du bourlet E découvre le but B; il ne faut pas attendre que la balle marche au long de la droite horizontale AB, s'il eſt vrai qu'il ſuive la direction de l'ame D E, parce qu'elle n'eſt point parallele à la droite du raz de métail AC à cauſe que le métail eſt plus foible à la volée; ce qui fait

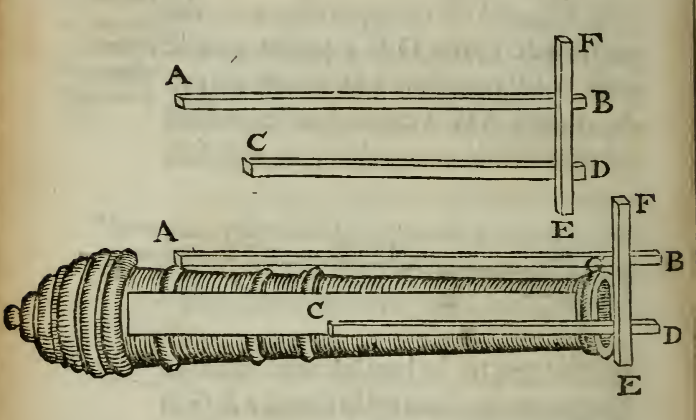
Réponce à la quatriéme objection.



qu'elle porte le boulet vers F & le contraint de décrire la courbe E G B pour arriver au point B.

Je ſai bien que ceux qui veulent pointer juſte ſelon la direction de l'ame de la piéce, ſe ſervent d'une eſpéce d'Equerre faite de trois régles bien droites A B, C D, F E diſpoſées de-ſorte que C D & FE étant attachées à angles droits, la régle A B ſe hauſſant & baiſſant au long de la régle F E, demeure toûjours parallele à C D. Car mettant C D dans l'ame de la piéce & hauſ-

LIV. II. CHAP. IV. hauſſant ou baiſſant A B juſqu'à ce que le point A ſoit ſur la mire de la culaſſe, la direction du point A par B



ſera la même que celle de l'ame ; deſorte que ſi l'on met quelque choſe de ſtable ſur le bourlet en G qui réponde à la hauteur du point B , l'on aura la ligne de mire AB parallele à cello de l'ame de la piéce.

Mais je ſai auſſi que lors-que la piéce eſt pointée de cette maniére, il n'arrive jamais qu'elle porte droit au but propoſé dans la diſtance de ſa portée ordinaire de niveau, & qu'il

arri-

arrive au contraire que le boulet frappe beaucoup plus bas.

Réfléxion sur le sujet de l'Artillerie.

CHAPITRE V.

Réfléxions sur le sujet de l'Artillerie.

VOici quelques réfléxions que j'ai faites sur le sujet de l'Artillerie, par lesquelles on verra que la conduite de la balle n'est pas toûjours la même que celle de la direction de la piéce. Je dis donc qu'il y a beaucoup d'apparence que le feu prenant à la poudre de la charge ne l'embraze pas subitement toute entiére & toute à la fois pour donner au boulet, par une seule & unique impulsion, cette force & cette impétuosité de vîtesse avec laquelle il se meut. Au contraire il est bien plus probable que la véhemence de cette impression lui est plûtôt & plus sûrement communiquée par une infinité de percussions que les petits grains de la poudre allumez successivement lui font ressentir, soit en le poussant directement à mesure

qu'ils

LIV. II. CHAP. V.

Réflexion sur le sujet de l'Artillerie.

qu'ils s'enflament auprès de lui, soit qu'en frappant contre les côtez de l'ame & se réflêchissant une infinité de fois dans toute son étenduë, ils viennent aussi se faire sentir au boulet autant de fois qu'ils le rencontrent. Car il n'y a point d'épaisseur de métail qui fut capable de résister à un si grand effort, s'il se faisoit sentir tout à la fois, & en un même endroit : & les Canons au premier coup se mettroient en piéces. Outre que leur longueur seroit inutile pour leur portée : car le boulet ayant une fois reçû toute sa force imprimée, seroit toûjours porté à la même distance, soit qu'il sortît d'un Canon ou plus long ou plus court. Ce qui est contraire à l'expérience.

Ceci peut servir de régle pour la proportion que la longueur du Canon doit avoir avec son diametre, laquelle doit être disposée de telle maniére que la poudre de la charge y puisse être précisément allumée tout entiére au moment qu'il vient à en sortir : car si le Canon est trop court, une bon-

ne

ne partie de la poudre ſort avec le boulet ſans faire effet, ainſi qu'il arrive ſouvent & principalement aux piéces qui ſont échauffées: & ſi la piéce eſt plus longue qu'il ne faut, en ſorte que la poudre ſoit toute enflamée avant que le boulet ſoit arrivé à la bouche; la force peut être conſidérablement diminuée par le frottement qu'il fait tout le long du haut de l'ame avant que de ſortir.

Réfléxion ſur le ſujet de l'Artillerie.

Comme les Canons qui ont de la longueur ont plus de portée que ceux qui ſont courts, à cauſe que le boulet, avant que de ſortir, y donne tems à une plus grande quantité de poudre de s'allumer: l'on peut augmenter de beaucoup la force des Canons courts, en creuſant des petits canaux tournez en forme de ſpirale au dedans de leur ame, & pouſſant avec violence ſur la poudre une balle de plomb un peu plus groſſe que le diametre du Canon, afin qu'en ſortant elle ſoit contrainte de ſuivre le contour des canaux de la ſpirale: car

par

LIV. II. CHAP. V.

Réflexion ſur le ſujet de l'Artillerie.

par ce moien la balle mettant autant de tems à ſortir du Canon quoi que court, qu'elle mettroit à ſortir d'un autre Canon qui ſeroit auſſi long qu'un de ces canaux étendus; elle fera qu'il s'y allumera autant de poudre qu'il s'y en allumeroit dans l'autre,& que la force y ſera également augmentée.

L'on peut encore donner beaucoup de force aux Canons courts en creuſant en rond le fonds de leur culaſſe en forme de campane ou de cloche: car comme l'action de la poudre qui prend feu, ſe fait en rond de ſphére & tout alentour, il n'y a que cette partie qui regarde la bouche de la piéce qui pouſſe le boulet en avant, & celle qui regarde la culaſſe tombe dans le creux de la campagne qui, étant à peu près fait de figure parabolique,la raſſemble & la reflèchit tout entiére avec la même vélocité vers le boulet; deſorte qu'il ne ſe pert rien de l'action de la poudre, qui par ce moïen ſe trouve employée tout entiére

ſur

sur le boulet. Au lieu qu'aux autres Canons le boulet ne ressent que cette partie de l'action de la poudre qui se porte directement en avant, la plûpart du reste se perdant sans effet sur le derriére & vers la culasse. LIV. II. CHAP. V.

CHAPITRE VI.

Suite de la réponce à la quatriéme objection.

MAis pour retourner à nôtre sujet, l'on peut inférer de ce raisonnement que le boulet au sortir de la piéce ne va jamais droit au but vers lequel elle est pointée, & qu'il se détourne notablement de la ligne de la direction en montant dès le moment qu'il sort de la bouche ; car les grains qui sont les plus proches de la culasse s'allumant les premiers poussent par leur mouvement précipité non seulement le boulet, mais même les autres grains de la poudre, qui par leur propre pésanteur suivent le boulet, au long du fonds de l'ame, où s'alumant l'un après l'autre, ils frappent quasi

CHAP. VI. Suite de la réponce à la quatriéme objection.

LIV. II. CHAP. VI.

Suite de la réponce à la quatriéme objection.

quasi tous le boulet vers le dessous, qui n'étant pas de calibre, à cause du jeu qu'il doit nécessairement avoir dans la piéce, est êlevé insensiblement vers le bord supérieur de la bouche, contre lequel il frotte tellement en sortant qu'aux piéces qui ont beaucoup servi & dont le métail est un peu doux, l'on remarque un canal considérable que le boulet en sortant y a à la fin creusé par ce frotement.

Desorte que le boulet, comme il paroît de tout ce discours, n'étant jamais porté en ligne droite vers le but, quelque soin que l'on prenne de pointer la piéce horizontalement, il ne faut pas s'étonner s'il employe plus de tems à monter & à descendre dans toute l'étenduë de la courbe qu'il décrit, qu'il n'en mettroit à tomber seulement de son poids à la hauteur de la bouche de la piéce.

Je joindrai ici la même expérience que le Pere Mersene raporte dans sa balistique, pour montrer que la nature fait toûjours observer ses régles

dans

LIV. II. CHAP. VI.

Suite de la réponce à la quatriéme obje-ction.

dans ses jets en la maniére que nous les avons expliquées. C'est celle que Mr Petit a faite autrefois au Havre de Grace avec une piéce de 33 livres de balle, êlevée huit toises sur le niveau de la campagne qui, pointé sous la direction de l'angle de 22 dégrez, a chassé à la longueur de 1900 toises dans le tems de 20 ou 21 secondes. Car par le calcul on peut faire voir sur cette hypothése que la balle s'est êlevée à la hauteur de près de deux cens toises au-dessus du niveau de la batterie, & qu'il lui a falu dix secondes pour monter à cette hauteur & près d'onze secondes pour en descendre. Où il paroit que la pésanteur de la balle, dans toute l'étenduë de cette portée, a fait le même effet pour le mouvement uniformement accéléré, qu'elle auroit fait quand elle n'auroit point eû d'autre impression, parcourant en descendant environ douze piés en une seconde & le reste à proportion.

Je ne crois pas que l'on doive faire

LIV. II. CHAP. VI.

Suite de la réponce à la quatriéme obje-ction.

beaucoup de cas de l'expérience du jet du Dragon de Ruel raportée par le Pere Merſene ; pour le peu d'exa-ctitude avec laquelle elle a été faite : mais ſur celles des arquebuſes rayées, on peut dire que quand il ſeroit même véritable, ce que dit le même auteur, qu'une balle porte juſte de but en blanc à la longueur de cent toiſes en une ſeconde de tems ; il ne ſeroit pas mal-aiſé de répondre que pour peu que l'on donnât de latitude à ce qu'il appelle de but en blanc, ſon expérience ſe trouveroit entiérement conforme à nos hypothéſes. Il ne faut que ſuppoſer que la direction de l'arquebuſe ait été ſeulement d'un demi dégré ou de 35 minutes au plus, au-deſſus de la ligne horizontale, dont il eſt impoſſible de reconnoître la différence à la vûë, ou que la balle par l'impreſſion du feu de la poudre ait été portée ſuivant cette direction : car par ce moïen l'on peut voir par le calcul qu'elle ſe ſera êlevée dans le milieu de ſa courſe à la hauteur perpen-

dicu-

diculaire de trois piés ; ce qui ſuffit pour emploïer une demi-ſeconde de tems pour arriver en montant à cette hauteur & autant pour en deſcendre, conformement aux loix naturelles du mouvement uniformement accéléré.

LIV. II. CHAP. VI. Suite de la réponce à la quatriéme objection.

Que ſi l'on dit, comme il y a grande apparence, que la vîteſſe de la balle ſortant d'une arquebuſe rayée eſt beaucoup plus grande, puis qu'à la longueur de plus de cent cinquante pas elle eſt preſque égale à celle du ſon qui fait douze cens toiſes de chemin en ſept ſecondes, c'eſt à-dire peu moins de cent toiſes en une demi ſeconde de tems : il faudra beaucoup moins de déviation de la direction horizontale ; & il ſuffira que la balle dans le milieu de ſa courſe s'êleve ſeulement à la hauteur perpendiculaire de neuf pouces pour faire quadrer le mouvement de ſa péſanteur aux loix de la nature que nous avons expliquées. Auquel cas il eſt moralement impoſſible que l'on puiſſe connoître la différence d'un

LIV. II. CHAP. VI.

jet de cette nature & de celui qui seroit purement horizontal.

Suite de la réponce à la quatriéme objection.

Quoi que tout ce que je viens d'expliquer fasse assez connoître, que ce que l'on dit contre nôtre hypothése au sujet de la composition des deux mouvemens, dont l'un est égal & l'autre est uniformement accélére, n'est pas capable de la détruire ; je ne voudrois pas néanmoins m'opiniâtrer à soûtenir aveuglement, que par ce mélange il n'arrive jamais aucune mutation ni à l'un ni à l'autre. Car bien qu'il fût véritable que la pésanteur ne soit jamais oisive & qu'elle agisse toûjours également sur un corps, soit qu'il soit en repos, soit qu'il soit emporté de quelque rapidité que ce puisse être ; il ne s'ensuit pas pour cela que les espaces qu'elle lui fait parcourir sur les perpendiculaires soient toûjours les mêmes dans les mêmes tems, quoi que peut-être ils soient toûjours dans les mêmes proportions.

Nous voïons dans nôtre air & dans le mouvement ordinaire des corps qui

qui ſont autour de nous, qu'un poids tombant parcourt environ trois piés huit lignes & demie au commencement de ſa chûte dans le tems d'une demi ſeconde, & environ douze piés deux pouces dix lignes dans celui d'une ſeconde entiére, & ainſi du reſte en faiſant les eſpaces proportionels aux quarrez de tems. Mais qui peut nous aſſûrer que dans un air beaucoup plus êlevé ou plus abaiſſé vers le centre de la terre, plus péſant ou plus léger, ou même agité d'une autre maniére que le nôtre, un corps en tombant ne parcoure pas un eſpace plus grand ou moindre que celui de trois piés huit lignes & demi, dans la premiére demi ſeconde du tems de ſa chûte, & que les autres eſpaces dans la ſuite de leur mouvement ſoient entr'eux en proportion des quarrez des tems.

LIV. II. CHAP. VI.

Suite de la reponce à la quatriéme objection.

Et ſi l'air, comme nous le voyons par les expériences admirables du Barometre, ne péſe jamais plus que lorsqu'il eſt le plus pur, le plus ſerain

LIV. II. CHAP. VI.

Suite de la réponce à la quatriéme objection.

& le moins agité ; comme au contraire il ne paroît jamais plus léger que lors-qu'il eſt battu des vents ou chargé de nuages épais, leſquels y font apparemment des mutations, qui pour nous être inconuës, ne laiſſent pas de ſuſpendre en quelque maniére l'effet de ſa péſanteur naturelle : pourquoi ne pourrons nous pas, par la même raiſon, préſumer que la violente rapidité de l'impreſſion que le feu de la poudre communique à un boulet de Canon, ne puiſſe au ſortir de la piéce interrompre l'effet ordinaire de ſa péſanteur ; & faire que les eſpaces qu'il parcourt ſur les perpendiculaires dans le commencement de ſon mouvement, ne ſoient pas ſi grans qu'ils ſeroient, ſi le boulet n'avoit point d'autre impreſſion que celle de ſa gravité, quoi que ces eſpaces fuſſent toûjours dans la proportion des tems du mouvement ?

Quoi qu'il en ſoit néanmoins, cette différence ne ſauroit tout au plus faire autre effet ſur la ligne de projection

des

des mobiles, que de les rendre peut-être un peu plus droites au commencement de leur course qu'il ne faudroit pour être exactement paraboliques, ainsi que Galilée l'a fort bien remarqué : sans que pour cét effet les proportions de leurs êtenduës suivant la différence de leurs directions, & suivant les nombres qui leur sont assignez dans les tables que nous avons proposées ci-devant, se trouvent aucunement altérées.

LIV. II. CHAP. VI. Suite de la réponce à la quatriéme objection.

CHAPITRE VII.

Réponce à la cinquiéme objection.

L'On ne sauroit apporter trop de rigueur à l'examen des propositions de cette partie de Mathématique que l'on appelle pure, c'est-à-dire de celle qui considére la quantité absolument détachée de la matiére. Et c'est en ce sens qu'il faut prendre cette belle maxime d'Aristote qui dit, *qu'il est également impertinent d'exiger des démonstrations dans les raisonnemens de*

CHAP. VII. Réponce à la cinquiéme objection.

LIV. II. CHAP, VII.

l'Orateur & de se rendre aux raisons probables & vrai-semblables du Mathématicien.

Réponce à la cinquiéme objection.

Mais on ne doit pas avoir tant de sévérité pour celles qui sont tirées de la Mathématique que l'on appelle Mixte, dont le sujet est la quantité compliquée & attacheé à la matiére ; parce qu êtant pour la plûpart fondées sur des principes de physique, dans la considération desquels l'esprit humain se confond environné de ténébres épaisses : il ne faut pas s'étonner s'il ne les débroüille que sur des conjectures, & s'il ne les appuie que de raisons tirées de ses expériences.

Il croit beaucoup faire en ces matiéres, si les principes qu'il êtablit n'ont rien d'absurde, s'ils sont conformes aux maniéres ordinaires d'agir de la nature, c'est-à-dire s'ils sont simples, aisez & débarassez, s'ils servent à expliquer tout ce qui se fait sur ce sujet, & si l'on ne peut pas tirer de leur position, aucune conséquence impertinente ou impossible.

En

En effet l'on n'a rien à reprocher en un ſiſtéme de phyſique, lors-que toutes ces conditions ſe rencontrent dans ſes hypothéſes ; & c'eſt en-ſuite à la Mathématique à en tirer les conſéquences néceſſaires, dont les démonſtrations ne doivent pas être moins rigoureuſement examinées que celles de la Mathématique pure ; parce que le même art qui ſert à la Géometrie à former ſes concluſions ſur les premiers principes que la Métaphyſique lui fournit, ſert auſſi à la Mécanique à prouver ſes propoſitions par les principes poſez ſur les hypothéſes phyſiques

LIV. II. CHAP. VII.

Réponce à la cinquiéme objection.

C'eſt donc ſur ce pié qu'il faut examiner les diverſes définitions que l'on donne à l'accélération du mouvement des corps qui tombent, & voir ſi étant uniforme elle ſe fait de telle ſorte que le mobile aquiert à tous les momens égaux de ſa chûte des dégrez égaux de vîteſſe ſuivant le ſentiment de Galilée que nous avons poſé pour fondement de toute cette doctrine, ou ſi

LIV. II. CHAP. VII.

cét accroissement de vélocité se fait à proportion des espaces que le mobile parcourt en tombant, ainsi que d'autres l'ont crû.

Réponce à la cinquiéme objection.

CHAPITRE VIII.

Raisons de Galilée pour montrer que la vitesse du Corps qui tombe ne s'acroit pas à proportion des espaces.

Raisons de Galilée pour faire voir que la vîtesse du rombe ne s'accroit pas à proportion des espaces.

Galilée assûre d'abord que cette derniére opinion enferme une absurdité, & que pour être véritable il faudroit que le mouvement de la chûte des corps se fit en un instant. Car posant, comme il dit, que le mobile parcourre en tombant l'espace A B ; s'il est vrai qu'étant divisé comme en C : la vîtesse aquise au point C soit à la vîtesse aquise au point B, comme l'espace A C est à l'espace AB : l'on pourra dire que l'espace AB sera parcouru dans le même tems que l'espace AC; car toutes les fois que les espaces sont entr'eux comme les vîtesses du mo-

A

C

B

mobile qui les parcourt, les eſpaces ſont parcourus dans les mêmes tems. Or il ne ſe peut faire, que la toute AB ſoit paſſée dans le même tems que ſa partie A C, ailleurs que dans le mouvement qui ſe fait en un inſtant; il eſt donc faux de dire que les vîteſſes s'augmentent à proportion des eſpaces parcourus.

Raiſons de Galilée pour faire voir que la vîteſſe du corps qui tombe ne s'accroit pas à proportion des eſpaces.

Mais ce raiſonnement quoi que vrai, comme on dit, dans la matiére eſt paralogiſtique dans ſa forme. Car cette propoſition, par laquelle il dit que les eſpaces ſont parcourus en même tems lors-qu'ils ſont entr'eux en même proportion que les vîteſſes, eſt claire d'elle-même dans le mouvement égal & uniforme: mais elle peut être abſolument niée dans le mouvement accéléré; nonobſtant mêmes toutes les raiſons dont Gaſſendi ſe ſert pour la confirmer, leſquelles quoi que véritables & ingénieuſes, n'ôtent pas entiérement l'obſcurité de cette poſition.

LIV. II. CHAP. IX.

CHAPITRE IX.

Raisons de Gassendi au même sujet.

Raisons de Gassendi au meme sujet.

IL est bien plus sûr pour détruire cette opinion de se servir des raisonnemens que le même Gassendi rapporte dans ses Epîtres contre le Pere le Cazre Jesuite & contre un certain Michel Varron, qui est apparament le premier qui l'a produite sur la fin du siécle passé, & de montrer qu'il s'ensuit plusieurs absurdités si l'on dit que les vîtesses s'augmentent à proportion des espaces.

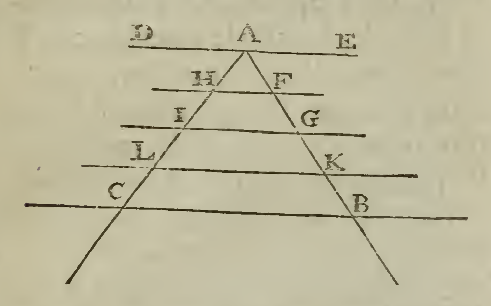
Car l'on peut premiérement faire voir sur cette hypothése que le mouvement peut être continuellement accéléré sans qu'il soit aucunement uniforme, ce qui est peu conforme aux loix de la nature. Il ne faut que prendre deux lignes AB & A C se rencontrant en A à tel angle que l'on veut comme BAC, & une troisiéme DE, qui faisant avec les deux autres les angles C A D, B A E égaux, soit entenduë descendre au long des mê-

mes

mes A B, A C demeurant toûjours parallele à elle-même : car si la droite A B êtant divisée en parties égales comme aux points F, G, K, l'on prend ces mêmes parties pour la mesure des espaces parcourus par la chûte d'un

LIV. II. CHAP. IX.

Raisons de Gassendi au même sujet.



mobile ; les lignes F H, G I, c'est-à-dire les portions de la droite D E comprises entre les deux A B, A C, pourront être prises pour mesures des vîtesses aquises, ensorte que F H soit la vîtesse aquise lors-que le mobile a parcouru l'espace A F, G I, celle qu'il a après avoir passé l'espace A G, & ainsi des autres ; & par ce moïen les vîtesses s'augmenteront suivant la proportion des espaces. Maintenant

LIV. II. CHAP. IX.

Raisons de Gassendi au meme sujet.

si nous posons que l'espace A F ait été parcouru par exemple dans le tems d'une minute d'heure, au bout de laquelle le mobile sans interruption de mouvement employe une heure entiére à passer le second espace F G, & le troisiéme espace G K en moins d'une seconde, & enfin le quatriéme K B dans le tems d'un jour entier. Je ne crois pas que l'on puisse dire que le mouvement de ce mobile, qui se fait si inégalement pour le tems dans toute l'étenduë de sa chûte A B, est uniforme quoi qu'il soit toûjours continu; & cependant il est conforme à la définition, la vîtesse en quelque endroit que l'on la prenne étant à la vîtesse comme l'espace passé est à l'espace; car la droite K L qui mesure la vîtesse aquise en K, est toûjours à la droite BC qui mesure celle que le mobile a aquise en B, comme l'espace A K est à l'espace A B; & la vîtesse en I marquée par G I est à la vîtesse en F marquée par H F, comme l'espace A G est à l'espace A F, quelque difor-

formité qu'il y puiſſe avoir dans la ſuite de ce mouvement.

LIV. II. CHAP. IX.

L'origine de tout le mal vient de ce que dans cette définition du mouvement uniformement accéléré, il n'eſt point parlé du tems, ſans qui néanmoins on ne peut rien diſtinguer dans les vîteſſes, dont à bien parler il fait le caractére eſſentiel : car lors-qu'elles ſont ſeulement comparées aux eſpaces, il eſt naturel de dire que la vîteſſe qui paſſe un grand eſpace eſt plus grande que celle qui n'en parcourt qu'un petit, quoi que cette derniére comparée au tems du mouvement puiſſe être infiniment plus grande que l'autre.

Raiſons de Gaſſendi au même ſujet.

C'eſt ce qui donne lieu d'inférer comme une conſéquence néceſſaire de cette poſition que le mobile doit parcourir un eſpace infini en un moment : car prenant pour la meſure de la chûte d'un mobile un eſpace comme A B diviſé en parties égales aux points C, D, E, F, &c. Si l'on entend que le mobile ait parcouru le

LIV. II. CHAP. IX.

Raisons de Gassendi au même sujet.

premier eſpace A C dans un certain moment de tems; il eſt conſtant que la vîteſſe en D étant double de la vîteſſe en C comme l'eſpace A D eſt double de l'eſpace CD, il ne faudra pour paſſer l'eſpace CD que la moitié du tems qu'il a falu pour paſſer AC. Par la même raiſon la vîteſſe en E étant double de la vîteſſe en D comme l'eſpace C E eſt double de D E, l'eſpace D E ſera paſſé dans la moitié du tems qu'il a falu pour paſſer C D, c'eſt-à dire dans le quart de celui de A C. Ainſi E F ſe paſſera dans la moitié du tems de D E, c'eſt-à-dire dans la huitiéme partie du tems de AC, & FG dans la ſeiziéme partie du même premier tems AC : & ainſi du reſte à l'infini en continuelle progreſſion ſous-double. Mais toutes ces fractions $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{8}$; $\frac{1}{16}$: &c. ne

A — 1 — C — $\frac{1}{2}$ — D — $\frac{1}{4}$ — E — $\frac{1}{8}$ — F — $\frac{1}{16}$ — G — $\frac{1}{32}$ — H — $\frac{1}{64}$ — B

com-

composent un moment entier égal au premier que dans l'infini : posant donc l'espace AC ayant été parcouru dans un moment, il s'ensuit que le mobile parcourra un espace infini dans le tems d'un second moment égal au premier.

Raisons de Gassendi au même sujet.

Si l'on dit que les vîtesses dans chaque espace ne doivent pas être comparées à celle de l'espace immédiatement précédent, mais bien à tous les espaces passez depuis le commencement de sa chûte, ensorte que celle du second espace soit double de celle du premier, celle du troisiéme triple, celle du quatriéme quadruple &c. Il sera toûjours vrai de dire si le premier espace est parcouru dans un certain tems, qu'il ne faudra que la moitié de ce tems pour passer le second espace où la vîtesse est double de celle du premier, & un tiers du même tems pour passer le troisiéme espace où la vîtesse est triple, & un quart pour le quatriéme comme la vîtesse est quadruple, un cinquiéme au cinquiéme, un

LIV. II. CHAP. IX. un ſixiéme au ſixiéme, & ainſi des autres. Deſorte qu'ajoûtant ces fractions comme $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ qui font un peu plus d'un moment entier de tems égal au premier, pendant que le mobile paſſe le ſecond, le troiſiéme & le quatriéme eſpace. Et celles-ci $\frac{1}{5} : \frac{1}{6} : \frac{1}{7} : \frac{1}{8} : \frac{1}{9} : \frac{1}{10} : \frac{1}{11}$: qui font encore un peu plus d'un moment entier égal au premier, pendant quoi le mobile paſſe le cinquiéme, le ſixieme, le ſeptiéme, le huitiéme, le neuviéme, le dixiéme, & l'onziéme eſpace & ainſi des autres; nous pourrons dire que le mobile parcourant un de ces eſpaces au premier tems, il paſſera un peu plus de trois eſpaces ſuivans au ſecond tems, & peu plus de ſept eſpaces au troiſiéme, & par la même raiſon plus de vint eſpaces au quatriéme, plus de cinquante deux au cinquiéme, plus de huitante quatre au ſixiéme, & ainſi à l'infini ſuivant la progreſſion de ces nombres 1 : 3 : 7 : 20 : 52 : 84 : qui eſt près de la triple & fort éloignée de celle qui ſe voit par l'expérience dans la chûte des corps. L'ex-

Raiſons de Gaſſendi au même ſujet.

L'expérience même que le Pere le Cazre rapporte pour confirmer ſon opinion, la détruit & ſert principalement à établir celle de Galilée. Prenés, dit-il, une balance dont un des baſſins ſoit poſé ſur une table & l'autre en l'air ; & laiſſez tomber dans celui-ci une bale de plomb : vous verrez que tombant de la hauteur d'un de ſes diametres, elle êlevera le double de ſon poids mis dans l'autre baſſin, & le triple ſi elle tombe de la hauteur de deux de ſes diametres, comme le quadruple ſi elle tombe de trois fois ſa hauteur & ainſi des autres. D'où il s'enſuit que les percuſſions êtant les mêmes que les vîteſſes, & celles-là êtant proportionées aux eſpaces parcourus par la chûte du mobile, les vîteſſes ſeront auſſi comme les eſpaces.

LIV. II. CHAP. IX.

Raiſons de Gaſſendi au même ſujet.

Mais cette expérience eſt fauſſe ; & une balle de plomb tombant de la hauteur d'un de ſes diametres n'êlevera pas ſeulement le double de ſon poids mais plus de ſix ou ſept fois autant. Et ce qui eſt de plus remarquable, c'eſt

LIV. II. CHAP. IX.

Raisons de Gassendi au même sujet.

c'est qu'ayant déterminé ce que cette balle peut êlever tombant d'une certaine hauteur : si l'on veut qu'elle en êleve le double, il faut la faire tomber du quadruple de la même hauteur ; & pour en êlever le triple, la hauteur de sa chûte doit être neuf fois plus grande que celle de la premiére, & seize fois plus grande pour êlever le quadruple du premier poids & ainsi du reste ; ensorte que les hauteurs soient toûjours en raison doublée de celle des poids. Ce qui sert à confirmer la définition de Galilée, ainsi que nous dirons ci-après.

CHAPITRE X.

Un mobile en tombant aquiert à chaque moment un nouveau degré de vitesse.

CHAP. X.

Un mobile en tombant aquiert à chaque moment un nouveau degré de vîtesse.

NOus pourrions tirer mille autres conséquences absurdes de cette position, aussi-bien que de toutes les autres de la même nature : comme de celles qui veulent que le mobile parcoure des espaces dans les tems égaux en

en raiſon double ou triple &c. ; dont la fauſſeté ſe connoit par l'expérience. Mais pour ne point nous arrêter plus long-tems inutilement ſur cette matiére, nous allons expliquer les raiſons qui ſervent à établir la définition de Galilée, & faire voir qu'elle a ſeule toutes les conditions qui nous ont ci-devant paru néceſſaires à un principe de phyſique : c'eſt-à-dire qu'elle n'a rien d'abſurde ; qu'elle eſt conforme aux loix ordinaires de la nature, étant ſimple, uniforme, aiſée ; & que tout ce qui arrive au mouvement accéléré des corps qui tombent, peut-être facilement expliqué par ſon moïen, ſans que de ſa poſition l'on puiſſe tirer aucune conſéquence impoſſible ou impertinente.

LIV. II. CHAP. X.

Un mobile en tombant aquiert à chaque moment un nouveau dégré de vîteſſe.

Galilée après avoir dit qu'il n'y a rien de plus uniforme, de plus facile ni de plus conforme aux maniéres ordinaires de la nature, que de dire au ſujet de l'accélération du mouvement des corps qui tombent, *qu'un mobile en tombant aquiert en tous les momens*

égaux

LIV. II. CHAP. X.

Un mobile en tombant aquiert à chaque moment un nouveau dégré de vîtesse.

égaux de sa chûte, *des dégrez égaux de vîtesse*; & après avoir supposé par forme de pétition (qui a depuis été démontrée par Torricelli,) *que le mobile en tombant sur des plans diversement inclinez aquiert un même dégré de vîtesse par tout, où il y a même hauteur perpendiculaire*: il fait voir qu'il suit nécessairement de sa définition que les espaces, que le mobile parcourt, sont entr'eux en raison doublée des tems qu'il employe à les parcourir; ensorte que l'espace qu'il parcourt en deux tems, est quadruple de celui qu'il a passé dans le premier tems, & celui qu'il parcourt en trois tems, est neuf fois plus grand que le même. D'où il arrive que ces espaces parcourus dans des tems égaux se suivent, à commencer du point de repos, en continuelle progression des premiers nombres impairs 1 : 3 : 5 : 7: 9 : &c. Ensorte que si le mobile passe un espace au premier tems, il en parcourra trois au second, cinq au troisiéme, sept au quatriéme, neuf au cin-

cinquiéme, & ainſi des autres: ainſi que nous l'avons expliqué ci-devant.

CHAPITRE XI.

Prouvé par diverſes expériences.

CHAP. XI. Prouvé par diverſes expériences.

ET comme par l'expérience que Galilée propoſe en-ſuite de ce raiſonnement, il paroit que les mouvemens des corps qui tombent, obſervent exactement ces proportions; il conclut hardiment, par une eſpéce de démonſtration, que l'on appelle dans les écoles *à poſteriori*, que ſa définition eſt véritable

Voici ſon expérience Dans une piéce de bois de la longueur de dixhuit ou vint piés & de la largeur de neuf ou dix pouces en un ſens & de trois pouces en l'autre, j'ai, dit-il, fait creuſer dans toute l'étenduë de la piéce un canal d'un pouce de l'argeur ſur le côté le plus êtroit, que j'ai fait tirer le plus droit & le plus uni qu'il a êté poſſible, colant même au dedans du parchemin tres-fin & bien liſſé

afin

LIV.II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

afin d'y pouvoir faire librement couler une balle de bronze parfaitement ronde & polie. Puis êlevant cette piéce de bois plus ou moins pour lui donner diverses inclinations, j'ai remarqué le tems juste que la balle employoit à descendre tantôt dans toute la longueur, tantôt dans la moitié, dans le quart, dans d'autres de ses différentes parties : & des expériences répétées plus de cent fois en tous les cas, il s'est toûjours trouvé que les espaces parcourus en toutes sortes d'inclination, êtoient entr'eux comme les quarrez des tems de leur passage ; & que les tems de la chûte suivant les diverses inclinations, êtoient en raison sous-doublée & réciproque de leurs hauteurs perpendiculaires, ainsi que nous l'avons dit ci-devant ; sans qu'il y soit jamais arrivé la moindre chose au contraire.

Et pour être parfaitement assûré de la mesure du tems : ayant, dit-il, fait attacher en haut un grand vaisseau plein d'eau avec un tuyau tres-fin sou-

soudé au fond, par lequel il découloit un petit filet d'eau, l'on la recevoit avec grand soin dans un verre pendant le passage de la balle : puis la pésant dans la derniére justesse avec une balance tres-exquise, l'on connoissoit par la différence des poids de l'eau, la différence des tems que la balle employoit à parcourir ses différens espaces. Et cela avec tant de précision que les tems de la chûte dans toutes ces observations répétées infinies de fois, ne se sont jamais trouvez avec une différence qui fut sensible dans un même cas.

LIVII. Prouvé par diverses expériences.

Nous pouvons joindre à ceci les expériences qui se sont faites depuis Galilée par Gassendi, par le Pere Mersene & par d'autres; & particuliérement celle que l'on a faite au long d'un mur de quarante huit piés de haut marquées par des lignes bien connoissables à la hauteur premiérement de vint-un piés à commencer du pié de la muraille, puis à celle de quinze piés au-dessus, puis de neuf & en-

LIV. II. CHAP. XI.

enfin à celle de trois piés: & ayant premiérement consideré qu'un corps qui tombe passe un espace de trois pouces dans le tems d'une demi seconde qui se trouve souvent égal à un battement d'artere; l'on a vû par une expérience répétée plusieurs fois que laissant tomber une balle assez grosse de toute cette hauteur de quarante huit piés, si elle se trouvoit précisément au droit de la premiére marque en descendant de la hauteur de trois piés au premier battement d'artere ou d'une pendule de neuf pouces de longueur, elle répondoit justement vis à vis de la seconde marque en descendant de la hauteur de neuf piés au second battement, & vis à vis de la troisiéme marque en descendant de la hauteur de quinze piés au troisiéme battement, & qu'enfin elle touchoit à terre après être descenduë de vint-un piés au quatriéme. D'où vient que si nous prenons les premiers 3 piés pour le premier espace parcouru dans le premier tems; le second espace de

Prouvé par diverses expériences.

9 piés sera triple du premier au second tems ; le troisiéme de 15 piés au troisiéme tems sera quintuple ; & enfin le quatriéme de 21 piés au quatriéme tems sera septuple ; & ainsi des autres dans la suite des premiers nombres impairs.

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

Ainsi appliquant par un bout, au bas du diametre perpendiculaire d'un grand cercle décrit sur une muraille, une régle bien droite creusée dans sa longueur, comme celle dont Galilée s'est servi dans son expérience, & haussant l'autre bout en toutes sortes d'inclination au long de la circonférence du cercle ; si on laisse tomber deux balles dans un même tems, l'une de l'extrémité supérieure du même diametre perpendiculaire & l'autre dans le canal de la régle, du point où elle touche la circonférence en quelqu'angle d'êlévation que ce puisse être ; elles se trouveront toutes deux ensemble précisément au même tems à terre.

Ceci se confirme par divers autres effets de la nature qu'il est mal-

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

aisé de bien expliquer par autre voye que par cette supposition. Ce que nous avons dit, par exemple, de l'expérience du P. le Cazre, c'est-à-dire d'une balle de plomb qui, tombant d'une certaine hauteur dans le bassin d une balance, & êlevant un certain poids mis dans l'autre bassin, doit tomber d'une hauteur quadruple de la premiére si l'on veut qu'elle êleve le double du premier poids, & d'une hauteur 9 fois plus grande pour êlever le triple, & 16 fois plus grande pour le quadruple, 25 fois pour le quintuple. Et ainsi des autres, ensorte que les hauteurs soient toûjours en raison doublée des poids.

Cela, dis-je, ne peut pas être facilement entendu, si l'on ne dit que la différence dés poids êlevez marque la différence des percussions de la balle tombant dans le bassin: & ces percussions n'étant différentes qu'à proportion des vîtesses aquises par la chûte du mobile, comme les différentes hauteurs ne sont que les espaces que le mo-

mobile parcourt pour les aquérir ; il s'ensuit que les espaces parcourus sont entr'eux en raison doublée ou comme les quarrez des vîtesses aquises, conformement à la définition de Galilée.

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

Celle-ci est encore de la même nature. Prenez un tuyau debout dans lequel il y ait de l'eau qui demeure toûjours à une certaine hauteur comme à celle d'un pié, & recevez celle qui en découle pendant un certain tems par un petit trou comme d'une ligne de diametre creusée dans le fond du tuyau, (qui soit par exemple d'une demi livre d'eau dans le tems de 13 secondes.) Si vous voulez en avoir deux fois autant, c'est-à-dire une livre qui coule dans le même tems & par le même trou, il faudra que l'eau soit toûjours dans le même tuyau à la hauteur de 4 piés, à celle de 9 piés si l'on veut en avoir le triple ou une livre & demie, & de 16 piés pour le quadruple ou pour deux livres, & ainsi du reste, ensorte que les hauteurs de

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverſes expériences.

l'eau dans le tuyau, ſoient toûjours comme les quarrez des poids de l'eau qui s'êcoule dans un même tems.

Or comme la différence de la quantité de l'eau qui paſſe par un même trou en même tems, ne vient que de la différence vîteſſe avec laquelle elle s'écoule ; & comme cette différente de vîteſſe ne provient que de la quantité de l'eau qui péſe au deſſus & qui ſe fait ſentir à proportion de ſa hauteur dans le tuyau : il paroît que ces mêmes hauteurs ſont entr'elles en raiſon doublée des vîteſſes qu'elles impriment à l'eau de deſſous ; leſquelles étant les mêmes que celles que l'eau auroit aquiſes en tombant des mêmes hauteurs, c'eſt-à-dire en parcourant les mêmes eſpaces ; il s'enſuit toûjours que les eſpaces parcourus ſont entr'eux en raiſon doublée des vîteſſes.

Si le tuyau êtant plein juſqu'au ſommet vous laiſſez écouler toute l'eau par le même trou, vous verrez avec plus de facilité que les eſpaces que l'eau

l'eau parcourt en diminuant dans le tuyau dans des tems égaux se suivent en progression des nombres impairs. Comme si le tuyau étant de trois piés de haut ou de 36 pouces, vous remarquez que l'eau descende de la hauteur d'onze pouces en trois battemens d'artere ou d'une pendule, elle descendra précisément de 9 pouces, puis de 7, puis de 5, de 3, & enfin de la derniére hauteur d'un pouce. Et toûjours dans le même tems de trois battemens; conformement à la nature du mouvement expliqué par Galilée.

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

Or pour montrer que l'eau qui pése dans le tuyau imprime à celle du fond, la même vîtesse qu'elle auroit aquise si elle êtoit tombée de la hauteur où sa surface supérieure se trouve dans le même tuyau: il ne faut que faire ensorte que l'eau sortant par le fonds puisse rejaillir vers le haut à plomb; car on la verra remonter à la même hauteur de cette surface supérieure, (si l'air & les autres empéchemens de dehors ne lui ôtoient rien

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

de sa vîtesse,) ainsi qu'elle feroit si c'êtoit un corps solide & qui pût-être reflêchi, lequel en tombant de la même hauteur auroit aquis un dégré de vîtesse capable de le faire remonter au lieu d'où il seroit parti.

Attachez deux cordes de même longueur & grosseur sur une ligne horizontale à un mur comme à la hauteur de trois piés, les faisant soûtenir sur un appui parallele au mur à la même hauteur ; faites pendre à chacune à l'autre bout un poids égal, comme d'une livre, qui les tienne l'un & l'autre en situation horizontale mollement, mais également bandées & paralleles entr'elles. En-suite les tirant toutes deux ensemble horizontalement par leur milieu, laissez les aller en même tems, & vous verrez premiérement qu'elles feront diverses allées & venuës horizontales qui seront toutes dans des tems égaux soit dans le commencement ou dans la fin de leur mouvement. Cela posé: si vous voulez que les vibrations de l'une, comme de

de la premiére, se fassent deux fois plus vîte que celles de la seconde, ensorte que celle-là en fasse deux dans le tems que celle-ci n'en fera qu'une ; il ne faut que bander la premiére deux fois plus que la seconde en lui attachant un plus grand poids: & ce poids pour cét effet ne doit pas être seulement de deux livres, c'est-à-dire double du premier poids que nous avons supposé d'une livre, mais bien de quatre livres ou quadruple, & de 9 livres si l'on veut que les vibrations soient triples, de 16 livres si on les veut quadruples, & ainsi des autres ; ensorte que les poids soient toûjours en raison des quarrez des vîtesses des vibrations.

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

Or comme cette différence de poids pour produire cette différence de vîtesse , fait le même effet qu'un même poids qui tomberoit de différentes hautenrs: il paroît que ces hauteurs êtant proportionées au poids seroient toûjours entr'elles en raison doublée des vîtesses.

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

Toutes ces expériences font voir cette admirable uniformité de la nature dans ses actions, qui se rencontrent par tout si conforme à la position de Galilée : à quoi nous allons encore ajoûter l'expérience des pendules. Attachez en haut des cordes de différentes longueurs avec des poids pendans au bout ; ensorte néanmoins que les longueurs soient comme les nombres quarrez 1,4,9,16,&c. Comme si celle de la premiére est d'un pié, que la seconde soit de 4 piés, la troisiéme de 9 piés, la quatriéme de 16 piés, &c. puis éloignant les poids de leur position de repos, c'est-à-dire de la perpendiculaire, laissez les aller toutes en même tems ; & vous verrez que les vibrations ou allées & venuës de la plus petite ou de celle d'un pié, iront quatre fois plus vîte que celles de la plus grande de 16 piés, trois fois plus vîte que celles de 9 piés, & deux fois plus vîte que celle de 4 piés ; c'est-à-dire que dans le tems que la pendule de 16 piés fera une de ses vibrations, celle

celle de 4 piés en fera deux, & celle d'un pié en fera quatre; & dans le tems d'une des vibrations de celle de 9 piés, celle d'un pié en fera trois; & cela dans une justesse admirable, ensorte que les nombres des vibrations soient toûjours entr'eux en raison doublée des longueurs des cordes.

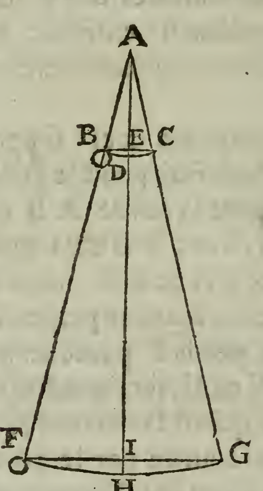
LIV. II. CHAP. XI. Prouvé par diverses expériences.

Pour bien entendre ceci: supposant que la corde AF où pend le poids F soit quadruple de la corde A B où pend le poids B; l'arc F G sera quadruple de AC & F H de B D; ainsi la droite I H qui est la hauteur perpendiculaire que le poids F parcourt en descendant de F en H, sera quadruple de la droite ED qui est la hauteur perpendiculaire parcouruë par le poids B descendant de B en D. Maintenant comme on sait par l'expérience que les vibrations de la pendule B sont doubles de celle de la pendule F, le tems du passage de F en H sera égal au tems du passage de B en C, c'est-à-dire double du tems du passage de

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

B en D : mais dans le tems du passage de F en H, le mobile F a parcouru l'espace perpendiculaire I H quadruple de l'espace perpendiculaire E D que le mobile B a parcouru dans le tems du passage de B en D ; il paroît donc que les espaces parcourus par les mobiles sont entr'eux en raison doublée des tems de leur passage.



Ces mêmes espaces sont aussi comme les quarrés des vîtesses des mêmes mobiles : car le poids F parcourant l'espace F H dans le même tems que le poids B parcourt l'espace B C ; & l'espace F H étant double de l'espace B C ; (car il est quadruple de B D :) il s'en-

s'ensuit que la vîtesse du poids F est double de la vîtesse du poids B, & qu'elle est par conséquent à la vîtesse du poids B en raison sous doublée de l'espace perpendiculaire HI qu'il parcourt; à l'espace perpendiculaire E D parcouru par le poids B.

LIV. II. CHAP. XI.

Prouvé par diverses expériences.

L'on peut encore montrer par une autre expérience que la vîtesse du poids F est seulement double de la vîtesse du poids B, quoi que la longueur de la corde A F soit quadruple de la longueur A B : il ne faut que mettre une balle en H sur une régle horizontale, ensorte que la balle qui pend en F la puisse fraper bien à plein en tombant de F en H; & un autre au point D qui puisse recevoir l'impression de la balle B tombant de B en D; car faisant l'expérience avec soin, & supposé que les balles soient égales par tout, on trouvera que la balle en H sera chassée deux fois plus loin que la balle en D & trois fois plus loin si la corde A F étoit neuf fois plus longue, que A B, & quatre fois si elle étoit

LIV. II. CHAP. XI.

ſeize fois plus longue, & ainſi des autres.

CHAPITRE XII.

Raiſonnemens de Balian au même ſujet

CHAP. XII. Raiſonnemens de Balian au même ſujet.

JE ne veux pas oublier que Balian Sénateur de la République de Génes dans ſon livre du mouvement, qui a paru dans le même tems que celui de Galilée, ſe ſert de l'expérience des pendules pour démontrer ce que Galilée tire en conſéquence de ſa définition ; c'eſt-à-dire que les eſpaces parcourus par un mobile tombant ſont entr'eux en raiſon doublée des tems qu'il employe à les parcourir.

Pour cét effet il ſuppoſe. 1. Que l'on peut prendre dans la circonférence d'un cercle un arc tellement petit qu'il ne ſera point différent de ſa tangente au moins ſenſiblement, & que ce que l'on dira de l'un pourra être entendu de l'autre ſans erreur.

2. Que le mouvement des pendules dans leur commencement n'eſt

point

point différent du commencement de celui des corps qui tombent.

LIV. II. CHAP. XIII.

Raisonnement de Balian au même sujet.

3 Que les tems du paſſage de deux pendules par des arcs ſemblables & ſemblablement poſez, ſont entr'eux comme les tems de leurs vibrations entiéres, c'eſt-à-dire en raiſon ſous-doublée des longueurs de leurs cordes

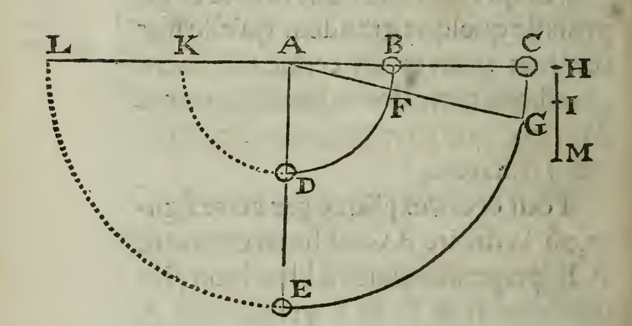
4. Et qu'enfin une ligne droite étant priſe, de quelque grandeur qu'elle ſoit on peut trouver un cercle tellement grand, que cette droite ſera la tangente d'un arc qui n'en ſera point ſenſiblement différent.

Tout ceci s'explique par cette figure, où la droite AC eſt horizontale & A E perpendiculaire à l'horizon, les pendules ſont D & E pendant en A aux deux cordes A D, AE : il dit premiérement que dans le cercle B F D décrit par la pendule D êlevée juſqu'à l'horizontale AB, l'on peut prendre un arc tellement petit à commencer du point B, qu'il ne différera point ſenſiblement de la ligne droite, qui

LIV. II. CHAP. XII.

Raisonement de Balian au même sujet.

au même point B seroit tangente du même arc : & comme cette tangente seroit perpendiculaire à l'horizon ; il s'ensuit en second lieu, que le mouvement du poids de la pendule B par ce petit arc ne sera point différent du mouvement du même poids B qui tomberoit librement par cette tangente. En troisiéme lieu si l'on me-



ne du point A la droite A F G qui coupant la circonférence B D en F & C E en G, fasse les arcs B F, C G semblables & semblablement posez à l'égard du commencement de la chûte : il dit que le tems du passage de la pendule B par l'arc B F est au tems du

passa-

Raiſonement de Balian au même ſujet.

paſſage de la pendule C par C G en même raiſon que le tems de la vibration entiére B D K eſt à celui de la vibration C E L c'eſt-à-dire, comme il ſe voit par l'expérience, en raiſon ſous-doublée de celle de la ligne A D à A E. Soit enfin l'arc B F ſi petit qu'il ne différe point ſenſiblement de ſa tangente qui ſoit H I; il eſt conſtant que ſi l'on fait que le rayon AB ſoit à un autre comme A C, ainſi que la droite H I eſt à un autre droite H M de quelque grandeur qu'elle puiſſe étre, l'arc CG dans la circonférence de ce grand cercle ne ſera point différent ſenſiblement de la droite H M qui en ſera la tangente, comme H I eſt la tangente de l'arc BF; & ce que l'on dira de l'arc CG pourra être entendu de la droite H M ſans aucune erreur. Cela poſé, il fait ce Théorême.

Les eſpaces parcourus par un mobile tombant à commencer du point de repos, ſont entr'eux comme les quarrez des tems que le mobile employe à les parcourir.

Soient,

LIV. II. CHAP. XII.

Raiſonement de Balian au même ſujet.

Soient, dit il, deux eſpaces HI & H M parcourus par un mobile tombant du point de repos H. Je dis que la droite H I eſt à H M comme le quarré du tems que le mobile employe à paſſer l'eſpace HI, eſt au quarré du tems de ſon paſſage par H M. Soit A B demi-diametre d'un cercle tellement grand que l'arc comme B F, dont la tangente au point B ſur l'horizontale AC eſt égale à HI, ſoit ſi petit à l'égard de toute la circonférence, qu'il ne ſoit point différent ſenſiblement de la perpendiculaire HI; & comme HI eſt à HM, ainſi le rayon AB ſoit à un autre comme AC, dont la circonférence ſera par conſéquent ſi grande que l'arc C G coupé par la droite A F continuée, ſera auſſi tellement petit à l'égard de toute ſa circonférence qu'il ne différera point ſenſiblement de ſa tangente, laquelle ſera égale à H M & perpendiculaire au point C. Il n'y aura donc point, par la ſeconde ſuppoſition, de différence entre le mouvement de la pendule B par l'arc B F & celui du poids tombant

bant librement du point B par la tangente perpendiculaire égale à HI, ni entre le mouvement de la pendule C par l'arc C G & celui du poids tombant de C par la tangente perpendiculaire & égale à HM; & le tems de l'un sera égal au tems de l'autre. Or comme les arcs B F, C G sont semblables & semblablement posés, le tems du passage de B par l'arc BF est par la troisiéme supposition, au tems du passage de C par l'arc CG, comme le tems de la vibration entiére B D K est au tems de la vibration CEL: & ces tems étant par l'expérience en raison sous doublée des longueurs des cordes AB, AC; il s'ensuit que le tems du mobile tombant par la perpendiculaire HI est au tems de son passage par la perpendiculaire HM, en raison sous doublée des longueurs AB, AC. Mais AB par la construction est à A C comme H I est à HM; donc HI est à H M comme le quarré du tems du mobile tombant par H I est au quarré du tems de son passage par H M.

Raisonement de Balian au même sujét.

CHA-

LIV. II. CHAP. XIII. Raiſonemens de Mr Hugens.

CHAPITRE XIII.

Raiſonnemens de Monſieur Hugens.

MOnſieur Hugens dans ſon livre des horloges à pendules a voulu démontrer ce que Galilée prend pour principe dans ſa définition, diſant dans ſa premiére propoſition de la chûte des poids, *qu'en tems égaux il s'accroit au corps qui tombe des parties égales de vîteſſe.* Et pour le démontrer voici comme il argumente.

Poſons qu'un mobile tombant du point A paſſe au premier tems l'eſpace A B, & qu'arrivant en B il y ait aquis un dégré de vîteſſe qui lui faſſe parcourir, au ſecond tems d'un mouvement égal, un autre eſpace comme B D. Or nous ſavons que l'eſpace qui doit être parcouru au ſecond tems, doit être plus grand que B D, parce que cét eſpace ſeroit parcouru ceſſant même toute action de la péſanteur: mais comme le mobile eſt porté d'un mouvement compoſé du mouvement égal par lequel il paſſeroit l'eſpace B

D

Raisonemens de Mr Hugens,

D & de celui des poids qui tombent *par lequel il est nécessaire qu'il soit porté en bas par l'espace D E égal à AB*; ajoûtant donc à B D l'espace DE égal à AB, nous savons que le mobile au second tems arrivera en E.

A
B
D
F
F
G
H
K

Mais si nous cherchons, dit-il, quelle est la vîtesse que le mobile doit avoir en E à la fin du second tems, nous trouverons qu'elle est double de celle qu'il avoit en B à la fin du premier. Car nous avons dit qu'il étoit emporté d'un mouvement composé du mouvement égal avec la vîtesse aquise en B & de celui qui lui vient de sa pésanteur, *lequel au second tems étant absolument le même qu'au premier, doit dans le cours du second tems conférer au mobile une vîtesse égale à celle qu'il lui a imprimée dans la fin du premier tems*. Partant comme le mobile a conservé entiérement la vîtesse aquise à la fin du premier tems, il paroît

LIV. II. CHAP. XIII. Raisonnemens de Mr Hugens.

roît qu'il a dans la fin du second tems deux fois, c'est-à-dire le double de cette même vîtesse.

Voilà la démonstration dans les mêmes termes que j'ai traduits du latin, dans laquelle sa maniére de raisonner a quelque chose qui fait peine; car il ne paroît pas bien que nous sachions, comme il dit, *qu'il est nécessaire que le mobile au second tems soit porté par le mouvement de sa pésanteur au long de l'espace* DE *égal à l'espace* AB *qu'il a passé dans le premier tems*; à moins que l'on ne pose que le mouvement des graves est uniforme, & l'on ne voit pas clairement que *ce mouvement qui lui vient de sa pésanteur soit*, comme il dit, *absolument le même au second tems qu'au premier, ni qu'il doive conférer au mobile dans le cours du second tems une vîtesse égale à celle qui lui a été imprimée à la fin du premier*, si l'on ne suppose le principe de Galilée, c'est-à-dire que le mobile en tombant aquiert dans les tems égaux de sa chûte des dégrez égaux de vîtesse.

Qui

Qui est pourtant ce qu'il faloit démontrer. LIV. II. CHAP. XIII.

Cette défectuosité dont je viens de parler n'est que dans la forme du syllogisme, & elle n'ôte rien à la vérité de l'hypothése, sur laquelle il démontre fort bien, (supposé que la vîtesse en E au second tems, soit double de la vîtesse en B, & celle que le mobile a aquise en G au troisiéme tems triple de la même,) que les espaces B D, E F, G H étant parcourus d'un mouvement égal, l'espace EF passé avec la vîtesse en E est double de l'espace B D passé avec la vîtesse en B, & l'espace GH passé avec la vîtesse en G triple du même espace B D, & ainsi du reste. Raisonnemens de Mr Hugens.

En-suite il fait voir que l'espace passé dans un certain tems par un mobile tombant du point de repos, est la moitié de celui qu'il passeroit d'un mouvement égal en même tems & avec la vîtesse aquise au dernier moment de sa chûte: c'est-à-dire que l'espace B D passé d'un mouvement

égal

LIV. II. CHAP. XIII. Raisonnemens de Mr Hugeus.

égal au ſecond tems avec la vîteſſe aquiſe en B, eſt double de l'eſpace A B paſſé dans le premier tems par le mobile tombant du point de repos A. Car comme les eſpaces parcourus dans les quatre premiers tems égaux ſont A B, B E, E G, G K. qui ont entr'eux une certaine proportion; ſi nous prenons les doubles des mêmes tems, enſorte que nous ayons pour premier tems, les deux pendant lesquels le mobile a parcouru les deux eſpaces A B, B E & pour ſecond les deux autres pendant lesquels les deux eſpaces E G, G K ont été paſſés. Il faut que les deux eſpaces A E, E K parcourus dans des tems égaux par le mobile tombant du point de repos A, ſoient entr'eux comme les eſpaces A B, BE qui ſont auſſi paſſés dans des tems égaux partant du même point de repos A; & en changeant que B E ou ſon égal D A ſoit à A B comme E K à A E, & en diviſant DB à A B comme EK moins AE eſt à AE. Mais E K étant égal à cinq

cinq D B & deux A B, & A E égal à B D & deux AB; E K moins AE sera égal à quatre D B; & partant D B est à A B ou quatre DB à quatre A B, comme quatre D B est à D B & deux A B; donc D B est égal à deux AB.

LIV. II. CHAP. XIII. Raisonne-sonne-de Mr Hugens.

D'où il s'ensuit que les espaces parcourus dans des tems égaux à commencer du point de repos, sont entr'eux comme les quarrez des tems de leur chûte ou comme les quarrez des vîtesses aquises. Car puis-que les espaces A B, B E, E G, G K passez dans des tems êgaux, se surpassent l'un l'autre d'un même excez qui est égal à B D; il paroît que B D étant double de AB, l'espace BE sera triple du même; & EF étant double de B D, E G sera quintuple de A B; ainsi G H étant triple de B D, G K sera septuple du même A B & ainsi des autres dans la suite des premiers nombres impairs 1 : 3 : 5 : 7 : 9 : &c. qui sont les différences des premiers quarrez.

CHA-

LIV. II. CHAP. XIV.

CHAPITRE XIV.

Suite de la réponce à la cinquiéme objection.

Suite de la réponce à la cinquiéme objection.

L'On pourroit maintenant dire avec quelque raiſon que tout ce que nous venons d'expliquer pour établir nôtre hypothéſe ſur la nature du mouvement des corps qui tombent ſuivant le ſentiment de Galilée, peut également convenir à celle qui veut que l'accroiſſement de vîteſſe ſe faſſe ſuivant la progreſſion des ſinus verſes, ſuppoſé, comme il a été dit ci-devant, que ces deux opinions ſoient de telle nature qu'elles ne puiſſent être convaincuës de faux par les expériences que nous pouvons faire. Et qu'ainſi la difficulté en la cinquiéme objection reſte toûjours en ſon entier à cét égard, par laquelle il eſt dit que ſuivant cette derniére hypothéſe, la figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection des corps ſe trouveroit fort altérée & toutes les conſéquences que l'on en tire.

Mais il eſt tres facile d'y répondre, en niant ſeulement la conſéquence de

la propoſition:car quand il ſeroit même véritable que l'accroiſſement de vîteſſe dans le mouvement des corps qui tombent, ſe fit ſuivant la proportion des ſinus verſes; la figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection ne s'en trouveroit pas pour cela ſi fort altérée, que l'on n'en pût tirer les mêmes conſéquences; puiſque la courbe décrite par le mobile tombant ſuivant cette hypothéſe, ſeroit tellement conforme dans ſon commencement à nôtre ligne parabolique, que tout ce que nous avons dit, de celle-ci pourroit être hardiment prononcé de l'autre, ſans craindre de faire aucune erreur qui pût devenir ſenſible dans des projections vint fois plus grandes que celles qui ſe font ordinairement parmi nous. Outre que cette opinion des ſinus verſes, quelque ingénieuſe qu'elle ſoit, eſt ſuſpecte par ſes conſéquences: parce que ce qui ſuit de cette hypothéſe, (ſuppoſant le mouvement de la terre,) qu'un mobile en tombant arriveroit au centre en ſix heures de

LIV. II. CHAP. XIV.

Suite de la réponce à la cinquiéme objection.

LIV.II. CHAP. XIV. Suite de la réponce à la cinquiéme objection.

tems, se trouve peu conforme aux suites de nos expériences par lesquelles nous savons qu'un corps qui tombe, parcourt peu plus de deux toises dans le tems d'une seconde. Car si nous faisons que comme le sinus verse d'une seconde est au sinus total, ainsi l'espace de deux toises parcourus pendant une seconde est à un quatriéme proportionel, c'est-à-dire au demi-diametre de la terre; nous trouverons plus de vint-quatre millions de toises pour la longueur de ce demi-diametre, que nous savons néanmoins n'en avoir pas plus de trois millions.

CHAPITRE XV.

Réponce à la sixiéme objection.

CHAP. XV. Réponce à la sixiéme objection.

NOus pouvons répondre à la sixiéme objection ce que dit Galilée & que nous avons expliqué ci-devant dans la réponce à la quatriéme objection; c'est-à-dire en exceptant des régles de nôtre Théorie les effets prodigieux que le feu de la poudre im-

imprime aux balles d'artillerie, dont la vîteſſe eſt, dit-il, ſurnaturelle ; & avoüant comme lui, que la ligne que décrit la balle d'un mouſquet eſt, au moins dans ſon commencement, plus droite qu'il ne faut pour être parabolique, & qu'elle ne ſeroit en effet ſi l'impreſſion n'étoit pas ſi violente : ce qui peut être cauſe que la portée de but en blanc & celles qui ſe font avec peu d'êlévation ſur l'horizontale, ſont plus grandes qu'elles ne ſont marquées dans les tables. Mais comme cela n'arrive pas aux autres projections, & principalement à celles des Bombes, qui ne ſont pas pouſſées avec tant de violence, & dont les tirs les plus ordinaires ſe font ſur des angles de plus grande élévation : nous n'avons pas de ſujet de nous plaindre de ces petites exceptions, qui ne nuiſent point du tout au deſſein principal de cét Ouvrage, lequel n'eſt fait que pour faciliter les pratiques de l'artillerie qui ſont communes & ordinaires parmi nous.

LIV. II. CHAP. XV.

Réponce à la fixiéme objection.

LIV. II. CHAP. XV.

Réponce à la ſixiéme objection.

Ce n'eſt pas que l'expérience rapportée dans cette objection ne ſoit ſuſpecte, c'eſt-à-dire celle d'un mouſquet qui, chaſſant à toute volée à la longueur de 360 toiſes, porté de but en blanc à celle de 100 toiſes ; ce qui ne devroit arriver ſuivant les tables qu'à l'êlévation de huit dégrez. Car dans toutes ces ſortes d'expériences, il y a un concours de tant de cauſes différentes qui peuvent altérer la préciſion des effets, que le plus ſouvent ce que l'on impute à l'une dépend de l'autre, & même de celle à laquelle on n'aura point fait de réfléxion.

Ainſi l'on peut dire dans celle-ci par exemple, que la plus grande portée que l'on détermine à 360 to., eſt ici beaucoup moindre qu'elle ne devroit être, parce qu'ayant plus de chemin à faire que les autres, elle trouve plus d'obſtacle par la réſiſtance du milieu : & que la violence de l'agitation de l'air, que celle de la balle lui imprime en paſſant, ſuſpend peut-être en quelque maniére l'effet de ſa péſanteur & lui

lui donne par ce moïen plus d'étenduë de portée dans les petites élévations.

LIV. II. CHAP. XV.

Réponce à la sixiéme objection.

Outre que ces tirs de but en blanc, quelque précaution que l'on prenne, s'élevent toûjours au dessus du niveau du but, tant parce que mirant au long du mousquet qui est plus fort de métail à la culasse qu'à la bouche, la direction de l'ame se trouve élevée de quelques dégrez, que par la raison que nous avons aportée ci-devant de l'action de la poudre qui, s'enflammant successivement sous la balle, la fait hausser considérablement. Desorte que si l'on assemble toutes ces causes & d'autres encore que nous ne conoissons pas: ne peut-on pas dire que pensant tirer horizontalement, il arrive souvent que la balle est portée notablement en haut, & même jusqu'à l'élévation de sept ou huit dégrez, dont il n'est pas si facile de reconoître la différence, & bien moins encore de distinguer la cause à laquelle on la doive imputer.

Ce qui fait que je crois que l'on peut assûrer avec beaucoup d'apparence

LIV. II. CHAP. XV.

Réponce à la sixiéme objection.

de raison que la nature agissant toûjours d'une maniére, les coups de mousquet dans leurs portées ne sortent point des régles qu'elle a établies pour tous les autres corps jettez ; & que lors-qu'il se trouve de la différence dans l'exécution, cela vient ordinairement du faux jugement que nous faisons de la direction de la balle & de l'estime de sa véritable portée.

LIVRE TROISIEME. LIV.III.

Confirmation de la même doctrine par les expériences.

CHAPITRE PREMIER.

Explication d'une expérience du Pere Merſene. CHAP. I.

Voici l'expérience d'un jet d'eau tirée des Hydrauliques du P. Merſene, par laquelle voulant montrer que la réſiſtance de l'air altére beaucoup la ligne parabolique que l'eau devroit décrire par ſa chûte, il dit qu'ayant marqué ſur une muraille une ligne droite à plomb comme A B diviſée en parties égales aux points 1, 2, 3, 4, &c., le jet d'eau ADC partant du point A & razant la même muraille, s'éloignoit dans la diſtance de la premiére de ces parties à la longueur horizontale de dixſept pouces; à la ſeconde de vint-quatre pouces; à la troiſiéme de trente; à la quatriéme de trente cinq; à la cinquiéme

Explication d'une expérience du Pere Merſene par un jet d'eau.

LIV. III. CHAP. I.

Explication d'une expérience du Pere Mersene par un jet d'eau.

de trente neuf : à la sixiéme de quarante deux : dont les quarrez, dit-il, ne sont pas entr'eux comme les parties de la droite A B qui leur répondent, ainsi qu'ils devroient être, si ces nombres étoient les ordonnées d'une ligne parabolique A D C dont l'axe est la droite A B & le sommet au point A.

En-suite il s'embarasse dans des réfléxions de Géometrie, assez subtiles, mais qui ne font rien au sujet, sans

1	17	17		17	$3\frac{1}{2}$
2	24	24	1	24	6
3	30	29	6	30	
4	35	34		34	8
5	39	38		38	9
6	42	41	8	42	5

s'appercevoir que ces nombres ne sont pas tant éloignez qu'il dit de nôtre hypothése. Car si l'on suppose qu'à la premiére partie la premiére ordonnée soit, comme il dit, de dixsept pouces ; la seconde suivant nôtre Théo-

Théorie doit être de vint-quatre pouces & une ligne ; la troisiéme de vint-neuf pouces six lignes ; la quatriéme de trente quatre pouces ; la cinquiéme de trente huit, & la sixiéme de quarante & un pouces huit lignes. Où l'on voit que les différences des nombres qu'il pose & de ceux que demande la ligne parabolique sont si petites, qu'il y a raison de douter de la justesse de son calcul ; outre qu'il y a peu d'apparence que les ordonnées se trouvent si justes en nombres entiers & même plus grans sur la fin qu'ils ne devroient être, quand même il n'y auroit point de résistance dans l'air, laquelle devroit bien plûtôt en diminuer l'étenduë que l'augmenter. Ce qui me fait croire que le jet d'eau s'élargissant, comme il dit, en forme d'ellipse à mesure qu'il s'éloigne du point de sa chûte, il a pris pour la fin de ses ordonnées l'étenduë des gouttes les plus éloignées au lieu de celle du milieu. Si l'on pose que la troisiéme des ordonnées soit justement de trente pouces,

Explication d'une expérience du Pere Mersene par un jet d'eau.

LIV. III. CHAP. I.

Explication d'une expérience du Pere Merſene par un jet d'eau.

les différences n'en ſeront pas ſi grandes ; comme l'on voit par les nombres de la table dont les premiers ſont ceux de l'expérience du Pere Merſene ; les ſeconds ſont ceux qui devroient être, ſuppoſé que la prémiere ordonnée fut de dixſept pouces ; & les derniers, ſuppoſé que la troiſiéme ordonnée fut de trente pouces. Et partout on voit que le jet d'eau ſuit aſſez exactement la ligne de nôtre hypothéſe, c'eſt-à-dire la parabolique.

CHAPITRE II.

Premiére experience faite à l'Académie Royale des Sciences par Monſieur Mariote.

CHAP. II.

Premiére expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par Mr. Mariote.

MOnſieur Mariote après avoir fait diverſes expériences particulieres des jets d'eau, en a fait voir une dans l'Académie Royale des Sciences qui convient préciſément à la Théorie de Galilée. Ayant fait élever un tonneau plein d'eau à la hauteur de ſept ou huit piés, percé dans le fond par un tuyau perpendiculaire de

de ſix piés de long & d'environ deux pouces de diametre, avec un ajutoir ou robinet perpendiculaire & un autre incliné ſuivant l'angle de 45 dégrez : il a fait voir que l'eau, ſortant par deux robinets en même tems, faiſoit deux jets dont le perpendiculaire êtoit toûjours moindre de quelques pouces que la hauteur de l'eau contenuë dans le tonneau ; & l'autre s'étendoit au loin, enſorte néanmoins que ſa longueur horizontale étoit toûjours double de la hauteur du jet perpendiculaire ; l'un & l'autre diminuant avec une admirable uniformité à meſure que l'eau du tonneau ſe vuidoit, & conſervant toûjours cette proportion double du grand jet à la hauteur du petit.

LIV. III. CHAP. II.

Premiére expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par Mr Mariote.

Les autres expériences qui ſe font faites & répetées pluſieurs fois dans la même Académie, & même à l'Obſervatoire en préſence de Monſeigneur le Dauphin, ne permettent pas que l'on puiſſe douter davantage de la vérité de nôtre ſuppoſition, à la-

LIV. III. CHAP. I.

quelle elles se sont trouvés conformes en tous les cas avec autant de précision & de justesse que l'on sauroit attendre des expériences humaines.

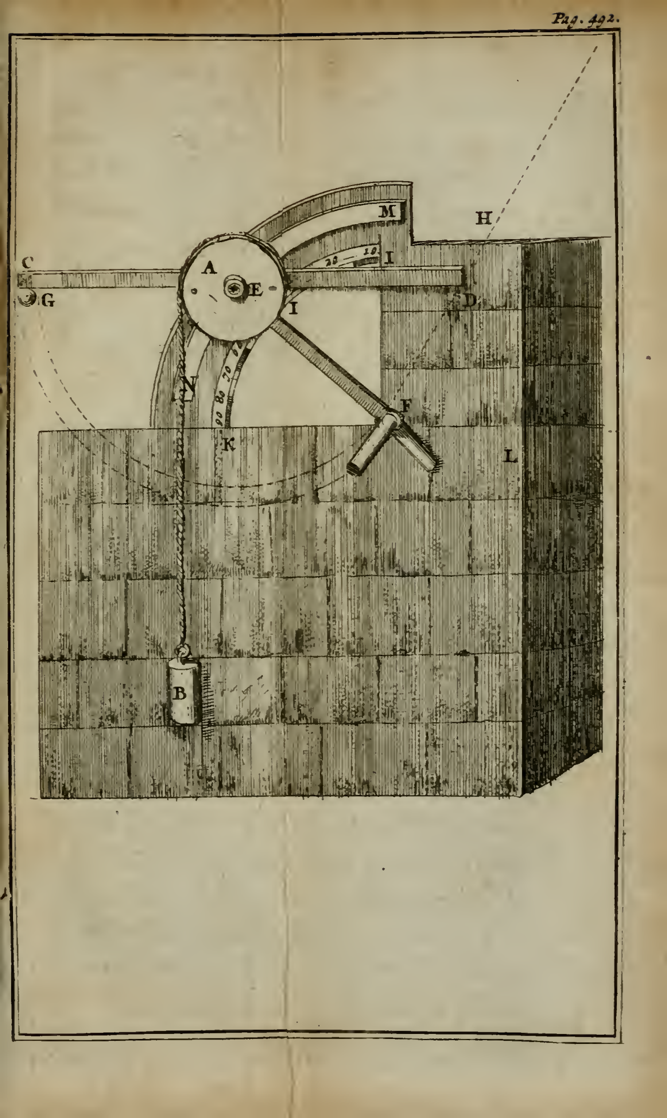
CHAPITRE III.

Seconde expérience faite à l'Académie Royale des Scences, par la machine de Monsieur Perrault.

CHAP. III. Seconde expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par la Machine de Mr. Perrault.

ET sans parler de celles que j'ai faites en mon particulier avec de l'eau, avec un arc, une arbaletre, un arc à jaler, un trébuchet fait à l'imitation des Balistes des Anciens; & même avec un pistolet chargé toûjours également & de même poudre, (quoi qu'elles ayent toutes réüssi assez juste;) j'expliquerai seulement celles-ci qui ont êté faites publiquement, dont la premiére est par le moyen de cette Machine de l'invention de Mr. Perrault.

C'est une roüe ou tambour A, autour duquel est roulée la corde qui porte le poid B, la barre C D passe der-


M
H
A
C
E
G
I
D
N
F
K
L
B

derriére le tambour & elle eſt attachée à ſon pivot E, enſorte que le pois B, faiſant par ſa chûte tourner le tambour donne auſſi le mouvement à la barre, qui décrivant l'arc de cercle C F & frappant contre un autre pivot ſolide & bien attaché au point F, fait partir la balle G, avec la vîteſſe que le mouvement du poids lui imprime ſuivant la direction de la droite F H qui touche l'arc C F au point F. Ce pivot au point F eſt poſé au centre du quart de cercle I K ſitué verticalement & diviſé en 90 dégrez à commencer du haut de la perpendiculaire I F; & le tambour A peut tourner dans le creux M N ſur le même centre F par le moïen de la barre ou rayon A F, afin de pouvoir donner tel dégré d'élévation que l'on veut au jet de la balle : car poſant la barre A F ſur le dégré propoſé du quart de cercle, & attachant le tambour en cette ſituation par le moïen d'une viz & d'un écrouë qui eſt derriére la rouë, en ſorte qu'il y ſoit ferme; l'an-

LIV. III. CHAP. III.

Troiſiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.

LIV. III. CHAP. III.

Seconde expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par la Machine de Mr Perrault.

gle LFH de la direction de la balle eſt le même que l'angle IFA de l'inclination de la Machine. Par ce moïen amenant le bout D de la barre C D au-deſſus du pivot F, le poids tombant lui fera faire un demi tour en toutes ſortes de ſituation : & partant l'impreſſion ſera toûjours la même ; & la différence des portées ne viendra que de la différence des angles de poſition. L'on pourroit lui faire faire un tour entier & augmenter par ce moyen la force de l'impreſſion, en ôtant la queüë A D de la barre C D, & amenant le point C au-deſſus du point F.

Cette réfléxion m'ayant fait dire à Mr Perrault que la machine, êtant aſſez forte, pourroit avoir ſon utilité à jetter des Grenades & des petites Bombes dans les logemens des ennemis, lors-qu'on en eſt aſſez près ; il m'a donné le deſſein d'une autre machine qu'il a faite à l'imitation des Catapultes antiques, laquelle peut être de tres grand uſage & dont je parlerai ci-après.

CHA-

CHAPITRE IV.

Troisiéme expérience faite à l'Academie Royale des Sciences par le moien du vif argent.

LA difficulté que j'avois trouvée dans les expériences que j'ai faites avec de l'eau, qui s'épanoüit sur la fin du jet en forme d'ellipse, & se résout même en gouttes menuës lorsque le jet est un peu long; me fit penser qu'une liqueur sur qui l'air ne pourroit point agir avec tant de force, seroit plus propre à nous déterminer: & faisant réfléxion que le vif argent est quatorze fois plus pésant que l'eau; je proposai d'en faire l'expérience à Messieurs de l'Académie Royale des sciences, qui donnerent ordre à Mr Rômer de l'exécuter; ce qu'il a fait par le moyen de cette machine.

LIV. III. CHAP. III. Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.

C'est un tuyau de bois de vint six pouces de hauteur & de huit ou neuf lignes de diametre, fermé par le bout inférieur au moïen d'un robinet attaché au tuyau avec une peau

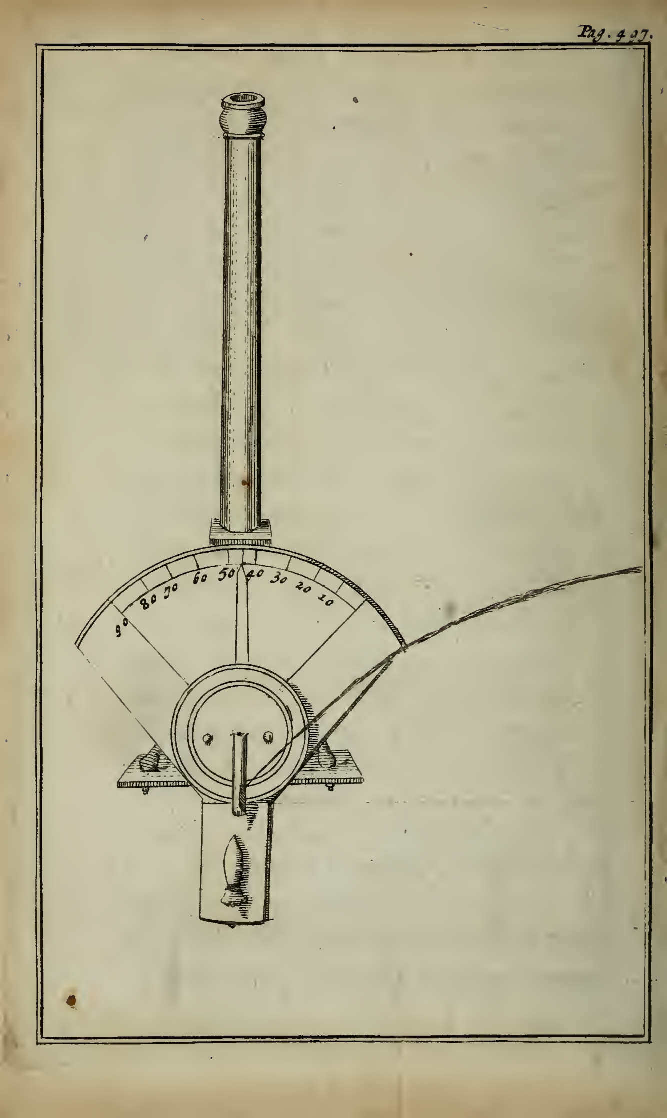
d'an-

LIV. III. CHAP. IV.

Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moïen du vif argent.

d'anguille pour pouvoir sûrement contenir le vif argent & se mouvoir en toutes sortes de position. L'œil du robinet n'est que d'une demi-ligne, & l'on peut lui donner tel angle d'élévation que l'on veut par le moïen d'un quart de cercle situé verticalement au long du tuyau. Tout cét appareil est posé sur un auget horizontal bien poli & divisé dans sa longueur, qui est de quatre à cinq piés, en pouces, lignes & demi lignes avec beaucoup de justesse, afin de pouvoir juger précisément de la longueur des portées par la chûte du vif argent dans cét auget : & pour plus de précaution, l'on a mis de bout une carte teinte en noir sur le même auget dans toute sa longueur, & de la hauteur du tuyau, sur laquelle on a marqué, avec tout le soin possible, le cours entier des paraboles du vif argent en plusieurs élévations différentes, pendant que dans son passage il razoit la carte de fort près.

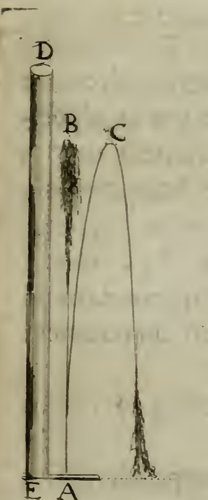
Sur cette préparation le tuyau ayant été


90
80
70
60
50
40
30
20
10

été rempli à la hauteur de vint quatre pouces & deux dignes avec du vif argent bien épuré : l'on a premiérement remarqué que lors-que le robin est mis perpendiculairement vers le haut, le vif argent ne rejallit qu'à la hauteur de vint-deux pouces trois lignes ; quoi que suivant l'inclination de deux dég. & demi, il monte à celle de vint deux pouces huit lignes & demi. D'où l'on peut nécessairement inférer, que le jet perpendiculaire A B ne monte pas à la hauteur qu'il devroit A D, tant à cause de la résistance de l'air, ainsi que nous l'avons dit ci-devant, que parce que les goutes en B, tombant

LIV III. CHAP. IV.

Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.



LIV. III. CHAP. IV.

Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.

bant sur celles qui viennent après, les arrêtent & interrompent la force de leur impression. Ce qui n'arrive point au jet incliné A C E où les gouttes en C ne retombent point vers A, & n'altérent rien à l'impression de celles qui les suivent. Ce qui fait que l'on peut sûrement prendre pour la véritable hauteur du jet perpendiculaire celle de vint-deux pouces neuf lignes.

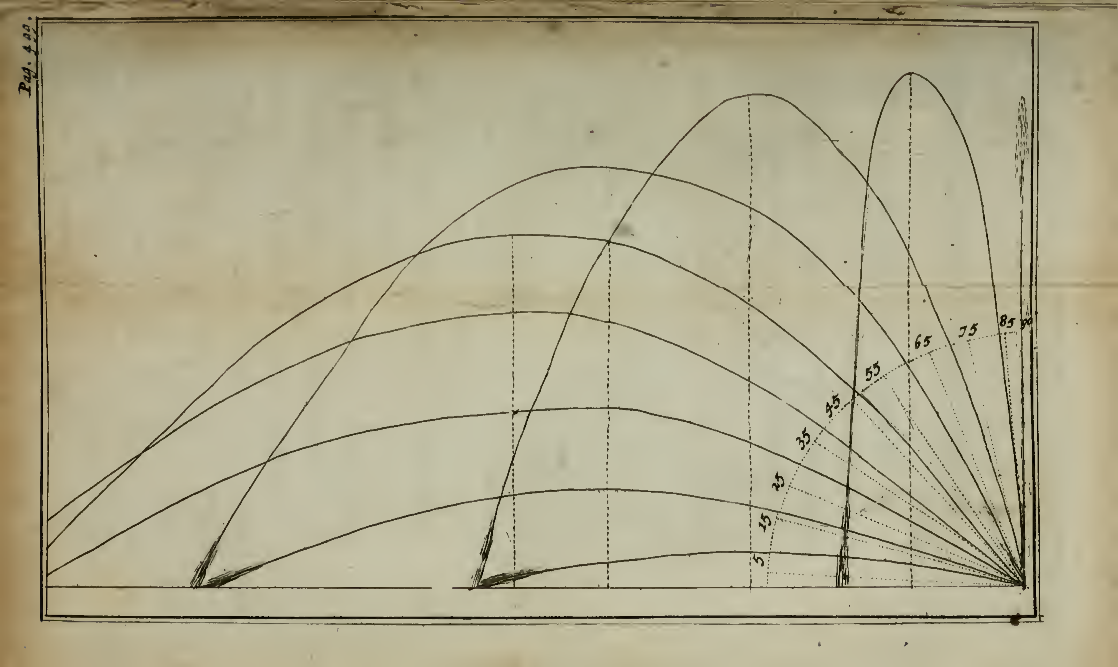
Voici les longueurs & les hauteurs des portées du vif argent en diverses élévations, tirées de la Table noire sur laquelle les paraboles entiéres ont été décrites, & vérifiées par la répétition de plusieurs expériences tant à l'Académie Royale des Sciences qu'à l'Observatoire, & même en présence de MONSEIGNEUR LE DAUPHIN.

La hauteur du vif argent dans le tuyau au dessus de l'œil du robinet : 24 pouces 2 lignes.

Le diametre de l'œil peu moins de $\frac{1}{2}$ l.

La hauteur du jet perpendiculaire 22 p. 9 l.

TA-


5
15
25
35
45
55
65
75
85
90

LIV. III. CHAP. IV.

Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moïen du vif argent.

TABLE

	AMPLITUDES.				HAUTEURS.			
dég.	vrayes		selon le calc.		vrayes		selon le calc.	
0	Pouc.	lign.	Pouc.	lign.	Pouc.	lig.	Pouc.	lig.
5	7	10	7	10 $\frac{1}{2}$	0	2	0	2
15	22	7	22	9	1	8	1	6 $\frac{1}{2}$
25	34	7 $\frac{1}{2}$	34	10	4	2	4	1
35	42	4 $\frac{1}{2}$	42	9	7	6	7	6
45	45	3 $\frac{1}{2}$	45	6	11	5	11	4 $\frac{1}{2}$
55	42	9	42	9	15	3 $\frac{1}{2}$	15	3
65	34	10	34	10	18	8 $\frac{1}{2}$	18	8
75	23	0	22	9	21	2 $\frac{1}{2}$	21	2 $\frac{1}{2}$
85	7	10	7	10 $\frac{1}{2}$	22	6 $\frac{1}{2}$	22	7
90	0		0		22	9	22	9

La premiére colonne de cette Table marque les dégrez des différentes élévations sur lesquels les expériences ont êté faites. La seconde marque en pouces & lignes, l'étenduë des jets du vif argent mesurez sur la ligne horizontale. La troisiéme marque les amplitudes des paraboles suivant les

LIV. III. CHAP. IV.

Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.

les mêmes élévations calculées ſur les tables de Galilée & de Torricelli. La quatriéme eſt celle des hauteurs perpendiculaires des mêmes jets du vif argent, meſurées ſur la carte noire; ſur laquelle ils ont été ſoigneuſement deſſinez dans tout leur cours. La cinquiéme marque les hauteurs des mêmes jets calculées ſur les Tables de Galilée & de Torricelli.

Où l'on voit en général que l'expérience eſt tellement conforme à la Théorie, que leur plus grande différence ne monte pas à la centiéme partié de l'étenduë du jet; ce qui doit être bien plûtôt attribué à quelqu'une des cauſes que nous avons expliquées ci-devant, qu'à aucun défaut de l'hypothéſe. D'autant plus que les portées qui ſe font autour du ſixiéme point de l'équerre, c'eſt-à-dire aux environs de l'angle demi-droit, qui ſont les plus ordinaires pour les jets des Bombes, ſont les plus juſtes & les plus proches de celles que l'on trouve par le calcul.

Il

Il est à remarquer dans cette expérience que le filet du vif argent, mêmes aux jets les plus obliques & les plus inclinez à l'horizon, est plus gros quatre fois que n'est l'œil du robinet d'où il sort; ce qui vient, peut être, de la disposition des parties qui composent le vif argent, qui dans leur sortie par l'œil du robinet se trouvent comprimées & resserrées par le poids du liquide qui est au-dessus dans le tuyau & se remettent dans leur état ordinaire aussi-tôt qu'elles ont la liberté de le faire dans l'air; d'où l'on pourroit inférer en quelque maniére, que ces parties font une espéce de ressort entr'elles. Mais ce n'est pas ici le lieu de discourir à fond sur cette matiére.

LIV. III. CHAP. IV.

Troisiéme expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moïen du vif argent.

LIV.IV.

LIVRE QUATRIEME.

Résolution des difficultez de la prati que du jet des Bombes.

Résolution des diffi cultés de la pratique du jet des Bombes.

APrès avoir examiné les raisons qui sembloient devoir entiérement détruire la Théorie que nous avons supposée dans tout ce discours, il ne reste plus maintenant qu'à résoudre les difficultés que l'on peut proposer contre la pratique, à laquelle on donne ordinairement ou trop ou trop peu.

CHAP. I.

CHAPITRE PREMIER

Premiére objection. La Théorie n'est point nécessaire pour les pratiques de la guerre.

Premiére objection. La Théorie n'est point nécessaire pour les pratiques de la guerre.

CAr la plus grande partie de ceux qui font profession de porter les armes, mêmes des Officiers & particulierément de ceux qui n'ont pas été cultivez par l'étude des lettres dans leur jeunesse, disent hardiment qu'il ne faut que de la pratique pour la guer-

guerre; que c'est un mêtier qui ne s'apprend point dans les livres ni par les régles; que ceux qui n'ont que de la Théorie se trouvent bien empêchez à prendre leur parti dans l'action; & que cét appareil d'étude de Mathématique ne sert le plus souvent qu'à donner de la présomption. Que sur le fait dont il s'agit, la haute capacité de ceux qui servent maintenant le Roi dans l'Artillerie, & même dans l'Art de jetter les Bombes, qui se trouve présentement au plus haut point où l'on sauroit humainement parvenir, marque suffisamment qu'il est fort inutile de vouloir les charger de cette quantité de préceptes & d'opérations de Mathematique si difficiles à comprendre & à mettre en œuvre; puisque par le bon sens & par la seule pratique, ils exécutent ponctuellement ce qui leur peut être proposé sur cette matiére, sans être assujetis à aucunes régles ni de mesures ni de calcul.

Premiere objection. La Théorie n'est point né[c]essaire pour les pratiques de la guerre.

CHA-

LIV. IV. CHAP. II.

Seconde objection Les inégalités de la matiére empêchent dans la pratique les effets des régles de la Théorie.

CHAPITRE II.

Seconde objection. Les inégalités de la matiére empêchent dans la pratique les effets des régles de la Théorie.

LEs autres au contraires assûrent, que bien que ces régles puissent avoir quelque justesse dans la Théorie, elles ne sauroient néanmoins réüssir dans la pratique, à cause des irrégularitez & des inégalitez qui se trouvent dans la matiere sur laquelle elles doivent être appliquées, & qui ne peut jamais être si heureusement maniée qu'elle ne corrompe presque toûjours les effets des opérations les mieux conçûës & les plus soigneusement exécutées.

En effet il est, disent ils, mal-aisé de comprendre que l'impression, que la Bombe ou le boulet reçoit par le feu du mortier ou du Canon dans chaque coup, soit toûjours la même, comme il faut néanmoins qu'elle soit nécessairement pour tirer quelque utilité de la doctrine du jet des Bombes ; &

& que cette force ne change point se servant de tant de sortes de poudres si différentes en leur composition & en leurs effets. Qui ne sait que la même poudre, c'est-à-dire celle qui est faite de la même composition, fait effort à proportion de ce qu'elle est plus grosse ou plus menuë grénée, qu'elle est plus humide ou plus séche, plus nouvelle ou plus vieille? & qui peut assûrer que par le poids ou par la mesure, la charge soit toûjours la même; & qu'il y ait même quantité de poudre en tous les coups dans la piéce ou dans la chambre du mortier; y ayant plus de poudre dans un même poids quand elle est séche que quand elle est humide, & plus de poudre menuë grénée qne de poudre à gros grains dans une même mesure.

LIV. IV. CHAP. II.

Seconde objection.

Les inégalités de la matiére empêchent dans la pratique les effets des régles de la Théorie.

Quel changement n'arrive-t-il pas à l'êtenduë des portées par la seule différence des maniéres de charger la piéce ou le mortier; comme lors-que la bombe est posée (comme on dit) à nud sur la poudre, ou lors-que la

 cham-

LIV. IV. CHAP. II.

Seconde objection. Les inégalités de la matiére empêchent dans la pratique les effets des régles de la Théorie.

chambre est bouchée d'un tampon poussé à force ; si la poudre est fort ou peu battuë , si elle s'allume par tout êgalement ou à reprises ; si la piéce ou le mortier est échaufé ou s'il est froid ; si elle recule ou si elle ne sort point de sa place ? & qui peut dire que l'on a pointé la piéce ou le mortier dans la précision qu'il doit être , quelque soin que l'on y ait pris & quelque justes que puissent être les instrumens dont on se sert ?

Qui peut répondre que l'ame de la piéce ou du mortier soit parfaitement droite , égale & bien arrondie au dedans ? Que la bombe y convienne précisément , & qu'elle soit parfaitement ronde ? Que la ligne qui fait l'axe de la chambre du mortier étant continuée rencontre précisément le centre de la bombe , afin que l'action de la poudre embrazée se fasse uniformement autour de sa circonférence , & ne lui donne pas plus d'impression d'un côté que d'autre ? Que la bombe êtant chargée ait un même cen-

centre de grandeur & de pésanteur ; Que le plan de la batterie soit égal, également fort, uni, & parfaitement de niveau ? Que le mortier soit si bien monté sur son affût que l'axe de ses tourillons traverse celui de l'ame & soit toûjours parallele à l'horizon ; & mille autres particularités de cette nature, dont la moindre est capable d'altérer la direction de la balle & de rendre par conséquent inutiles toutes les ingénieuses précautions de la Théorie ; & que sera-ce enfin si toutes ou la plûpart y concourent par leur irrégularité ?

LIV. IV. CHAP. II.

Seconde objection. Les inégalités de la matiére empêchent dans la pratique les effets des régles de la Théorie.

Voilà, ce me semble, ce que l'on peut apporter contre le dessein de ce livre au sujet de la pratique ; à quoi il faut essaïer de satisfaire, ainsi que nous avons fait aux difficultez proposées contre la Théorie.

LIV. IV. CHAP. III.

Réponce à la premiére objection.

CHAPITRE III.

Réponce à la premiére objection.

AInsi je dirai à ceux qui donnent tout à la pratique, qu'il est vrai-qu'elle est tres-nécessaire en tous les Arts, & particuliérement à la guerre; où l'on ne devient ordinairement habile que par un long usage & par une suite d'observations faites avec grande application & jugement; & où ceux qui n'ont que de la Théorie se peuvent trouver empêchez à l'abord & jusqu'à ce qu'ils se soient reconûs, & qu'ils ayent appris à distinguer les tems & les lieux où les régles qu'ils ont aprises, peuvent être employées utilement. Mais qu'il est aussi tres-faux de dire que la Théorie leur soit inutile; puis-qu'il n'y a rien de plus certain que cette pratique judicieuse & appliquée, dont je viens de parler, ne contribuë jamais mieux à perfectionner un homme de guer-

guerre, que lors-qu'elle est fondée sur une étude solide de préceptes. Et sans m'amuser à rechercher de grans raisonnemens pour appuyer cette pensée, ni à faire un grand dénombrement des fautes considérables où tombent tous les jours ceux qui sont dépourvûs du secours des régles, lors-qu'ils se trouvent dans des rencontres extraordinaires: il suffit de dire que c'est le sentiment du plus grand Roi du monde & du plus habile dans le métier, qui ne voudroit pas que l'on fit perdre le tems à MONSEIGNEUR LE DAUPHIN, en lui enseignant ce qui se peut apprendre de Théorie sur ce sujet, & qui ne voudroit pas se donner la peine de le faire travailler en sa présence & corriger lui-même, en Pere & en bon Maître, les fautes qu'il fait sur les desseins des places irréguliéres qu'il lui propose à fortifier, comme la chose la plus importante & la plus difficile de la fortification; s'il n'étoit

LIV. IV. CHAP. III.

Réponce à la premiére objection.

bien

LIV. IV. CHAP. III. bien persuadé que ces conoissances lui seront utiles à l'avenir.

Réponce à la premiére objection.

C'est à cét exemple que la plûpart des personnes de qualité travaillent présentement à cette partie des Mathématiques qui sert principalement à la guerre. Et c'est sur ce fondement que les principaux Ministres de sa Majesté se sont soigneusement appliqués à cette étude, pour se mettre en état de connoître par eux-mêmes , ce qu'il y a de bon dans les propositions qui leur sont faites ; & de bien juger & du babil des Charlatans , qui ont été en si haute réputation par le passé , & du savoir solide des gens de mérite.

Ce que l'on apporte de la suffisance de ceux qui servent présentement le Roi dans les batteries , & particuliérement dans celles des Bombes, ne détruit rien de ce que je dis : car quoi qu'il soit constant qu'ils ayent mis cét Art dans un tres haut dégré de perfection par la

seule

seule force de leur Génie & par leur grande application ; il est aussi tres-véritable qu'ils seroient bien plus facilement parvenus à cette haute capacité, s'ils avoient été aidez des connoissances de la Théorie. A le bien prendre, leur savoir se termine à la connoissance des cas particuliers, qu'ils n'ont reconus qu'à force de les avoir observés ; & qu'ils auroient bien plûtôt, plus universellement, & plus assûrément découverts dans les régles que cette doctrine leur auroit enseignées.

LIV. IV. CHAP. III.

Réponce à la premiére objection.

Je pourrois ajoûter, que comme les sujets de ce mérite sont extrémement rares, & se trouvent peu souvent à cause de la difficulté qu'ils ont d'aquérir cette suffisance par les seules observations de pratique ; l'on en devroit ce me semble estimer les régles de la Théorie d'autant plus, qu'elles facilitent les moïens de parvenir à la perfection & qu'elles peuvent par conséquent servir à former de bons Eleues dans cét Art.

LIV. IV. CHAP. IV.

CHAPITRE IV.

Réponce à la seconde objection.

Réponce à la seconde objection.

L'On ne peut pas dire à ceux qui proposent les difficultez, que nous avons raportées ci-devant contre la pratique & qui sont pour la plûpart fondées sur la résistance & l'inégalité de la matiére, qu'elles ne soient tout-à-fait raisonnables, & qu'il n'y en ait peut-être une infinité d'autres que nous ne conoissons pas, à qui l'on pourroit imputer la cause de ces effets bigearres & surprenans que nous voyons si souvent arriver dans l'Artillerie : mais l'on peut au moins assûrer que ces obstacles peuvent être suffisamment surmontez par le soin & par la méditation laborieuse de ceux qui s'appliquent tout-à-fait à ce métier, & qu'ils ne sont pas capables d'empêcher que l'on ne fasse cependant un bon usage de nos préceptes.

Ceux qui servent présentement aux

aux batteries des Bombes, où ils n'agiſſent que ſur les conoiſſances qu'ils ont aquiſes par l'expérience, rencontrent toutes les mêmes difficultez & trouvent par tout les mêmes obſtacles; qui cependant ne les empêchent pas de tirer juſte: c'eſt-à-dire qu'ils ſavent par la pratique le moïen de les connoître & d'y remédier, & d'y appliquer en-ſuite les régles qu'ils ſe ſont formées par le long uſage, par le moïen deſquelles ils font porter la bombe où ils veulent. Pourqnoi donc, à leur exemple, ne peut-on pas dire que ceux qui ſe ſervent des préceptes de cette doctrine, ont le-même avantage de pouvoir par la pratique connoître & corriger ces défauts, avant que d'y appliquer les régles de la Théorie.

Réponce à la ſeconde objection.

En un mot on né peut pas aſſûrer qu'en tous les Arts, la ſimple conoiſſance des préceptes ſuffiſe à leur perfection; il faut les ſavoir appliquer au ſujet: & c'eſt dans cette appli-

LIV. IV. CHAP. IV.

Réponce à la seconde objection.

cation que l'on trouve toûjours la résistance & l'opiniatreté de la matiére, qui fait naître mille obstacles & mille empêchemens, que l'on ne connoît & que l'on n'apprent à vaincre que par la pratique & par l'expérience.

Quelle utilité pourroit on par exemple tirer de la Théorie de la Musique, si l'on ne s'accoûtumoit par un long usage à bien entoner les notes, à se former l'oreille à la justesse des consonances, à bien juger du bon & du mauvais effet qu'elles font dans leur mélange, tant entr'elles que parmi les dissonances que l'on y peut insérer. La science des ordres d'Architecture & la parfaite conoissance de ses préceptes ne peut pas être de grand fruit à un Architecte, s'il ne sait par la pratique quel choix il doit faire des ornemens propres à l'édifice qu'il entreprent? Quelle est la nature des matériaux qu'il y doit emploïer, & quel mêlange il en doit

doit faire pour leur donner de la fermeté ? Quelle eſt la qualité du terrain ſur lequel il veut bâtir, de quelle maniére & de quelles meſures il doit faire ſes fondemens pour les rendre ſolides ; & mille autres particularitez qui rendent les édifices imparfaits & défectueux quand elles ſont ignorées ou négligées.

LIV.IV. CHAP. IV.

Réponce à la ſeconde objection.

Ces difficultez néanmoins ſe peuvent vaincre par le courage & par le travail de ceux qui s'y appliquent ſerieuſement : les ſurperbes Bâtimens anciens & modernes, & les concerts admirables qui nous raviſſent tous les jours, nous aprennent que l'on peut devenir excellent Muſicien & parfait Architecte. Enfin après ce que nous avons vû par le retour heureux de ceux qui voyageant, pour ainſi dire, juſqu'en l'autre monde, ont eû la rage des vents, de la mer & des ennemis à combatre, celle de la faim & de la ſoif, mille périls des rochers, des cou-

LIV. IV. CHAP. IV.

Réponce à la seconde objection.

rans, du feu ; & qui ont été obligez de mettre en pratique ce qu'il y a de plus fin dans l'astronomie & dans les mécaniques : nous pourrons assûrer qu'il n'y a rien d'impossible aux soins, au travail & à l'industrie de l'esprit de l'homme.

Il est vrai que c'est dans ces grandes occasions que l'on reconoît le mieux les avantages considérables que l'on tire de la science de la Théorie, qui dresse la pratique & perfectionne l'expérience ; qui toutes ensemble font heureusement prendre le bon parti dans les périls les plus présens & les plus pressants.

C'est aussi pour cét effet que le Roi entretient libéralement sur les ports de mer de son Royaume, des personnes intelligentes qui enseignent aux gens de Marine ce qu'ils doivent savoir de Théorie pour la navigation : & qu'il n'a rien épargné dans l'établissement qu'il a fait de ces Académies Illustres pour ser-

vir

vir à l'avancement de ses sujets, je veux dire de celle des Sciences, de celle d'Architecture, & de celles de peinture & de Sculpture tant à Paris qu'en Italie ; étant persuadé que la gloire de faire refleurir les Arts & les Sciences dans ses Etats, n'êtoit pas indigne de ces mêmes soins & de cette laborieuse application qui lui donnent tant de victoires.

LIV. IV. CHAP. IV. Réponce à la seconde objection.

CHAPITRE V.

Avantages à espérer de l'institution de la Compagnie des Bombardiers.

L'Institution de la Compagnie des Bombardiers & les expériences qu'ils font pour le jet des bombes, fera sans doute que dans peu cét Art aura toute sa perfection : pourvû qu'ils ne se laissent pas prévenir de pensées de bien-séance, & qu'ils attendent à raisonner sur les proportions de leurs jets, lors-qu'ils auront un bon nombre d'épreuves ex-

CHAP. V. Avantages à espérer de l'institution de la Compagnie des Bombardiers.

LIV. IV. CHAP. V.

Avantages à espérer de l'institution de la Compagnie des Bombardiers.

actes & fidéles en toutes sortes d'élévation du mortier; dans lesquelles ils doivent remarquer soigneusement les justes longeurs des portées suivant la différence des angles, ainsi qu'elles se trouvent dans leurs expériences, sans s'amuser à les vouloir corriger par avance sur des faux principes, comme il semble qu'ils ont fait par le passé sur ce qui se voit dans leurs Tables.

Sur tout il seroit bon qu'ils s'accoûtumassent à l'usage juste & précis des élévations. Que par une suite d'épreuves ils pûssent se faire des régles pour la différence de la poudre, & déterminer si les longeurs des jets faits avec des poudres différéntes sur une même êlévation sont proportionelles aux différens points qu'elles font courir sur une même éprouvette. Qu'ils aprissent à bien juger de la différence des mêmes portées suivant la differente quantité de la charge, & suivant la différente maniére de la charger avec tampon

ou

ou ſans tampon, avec la poudre plus ou moins battuë, & ſelon que le mortier eſt plus ou moins échauffé.

Avantages à eſpérer de l'inſtitution de la Compagnie des Bombardiers.

Ces expériences étant bien faites & répetées pluſieurs fois, pourroient donner de grandes lumiéres pour la ſûreté de l'application des régles de la Théorie, & produire par ce moïen des effets merveilleux pour l'Art de jetter les Bombes; dont les difficultés, quoi qu'en aſſez grand nombre en apparence, ne ſont pas néanmoins de grande conſéquence. Après tout l'on ne veut pas, comme je penſe, exiger d'un Bombardier que ſes tirs ſuivent toûjours cette préciſion Mathématique qui ſe voit dans les meſures du calcul des Tables, & les faire paſſer pour défectueux & déréglez lors-qu'ils s'éloignent ſeulement de quelques piés, ou même d'une toiſe ou de deux, du lieu où l'on lui auroit ordonné de faire porter ſa Bombe: & cela eſt néanmoins le plus grand détraquement que les difficul-

LIV. IV. CHAP. V.

Avantages à espérer de l'institution de la Compagnie des Bombardiers.

ficultés qui naissent de la résistance de la matiére, peuvent produire sur l'étenduë des tirs d'un mortier, lors-que l'on y a apporté toutes les précautions nécessaires.

Je dirai à ce propos que Moretti Ingénieur de la Republique de Venise dit dans son livre de l'Artillerie, que dans deux épreuves qu'il a faites avec beaucoup de soin du jet d'une Bombe de 100 livres pésant en raze campagne à l'élévation de 45 dég.; il a remarqué qu'à la premiére avec la charge de $5\frac{1}{2}$ livres de poudre, & à la chambre du mortier fermée d'un tampon de bois poussé à force, la Bombe a porté à la longueur de 600 pas Géometriques; mais qu'à la seconde avec la même charge, la chambre étant fermée seulement d'un étoupillon de filasse, elle n'a porté qu'à la longueur de 480 pas, c'est-à-dire $\frac{1}{5}$ moins que la portée de la premiére.

L'on pourroit tirer quelques conjectures avantageuses des tables faites sur les observations des Bombardiers du

du Roi dont nous avons parlé dans la premiére partie : lesquelles marquent qu'un mortier de douze pouces de diametre chargé de 2 livres de poudre chasse à toute volée, c'est-à-dire à l'élévation de 45 dég. à la longueur de 2160 piés ; à la même longueur chargée de 2 $\frac{1}{2}$ livres sous l'angle de 36 dég., & à celle de 2700 piés sous l'angle de 45 dégrez avec la même charge ; à celle de 2664 piés chargé de 3 livres sous l'angle de 37 dégrez, & à celle de 3240 sous l'angle de 45 dégrez avec la même charge.

LIV. IV. CHAP. V.

Avantages à espérer de l'institution de la Compagnie des Bombardiers.

Ainsi un mortier de 8 pouces de diametre chargé de $\frac{1}{2}$ livre de poudre chasse à la longueur de 1870 piés sous l'angle de 45 dégrez ; à celle de 1922 chargé de $\frac{3}{4}$ livres sous l'angle de 31 dégrez, & à celle de 2790 sous celui de 45 dégrez avec la même charge ; à celle de 2870 chargé de 1 livre de poudre sous l'angle de 35 dégrez, & enfin à celle de 3690 piés à toute volée avec la même charge.

Mais ces proportions sont suspe-

ctes,

LIV. IV. CHAP. V.

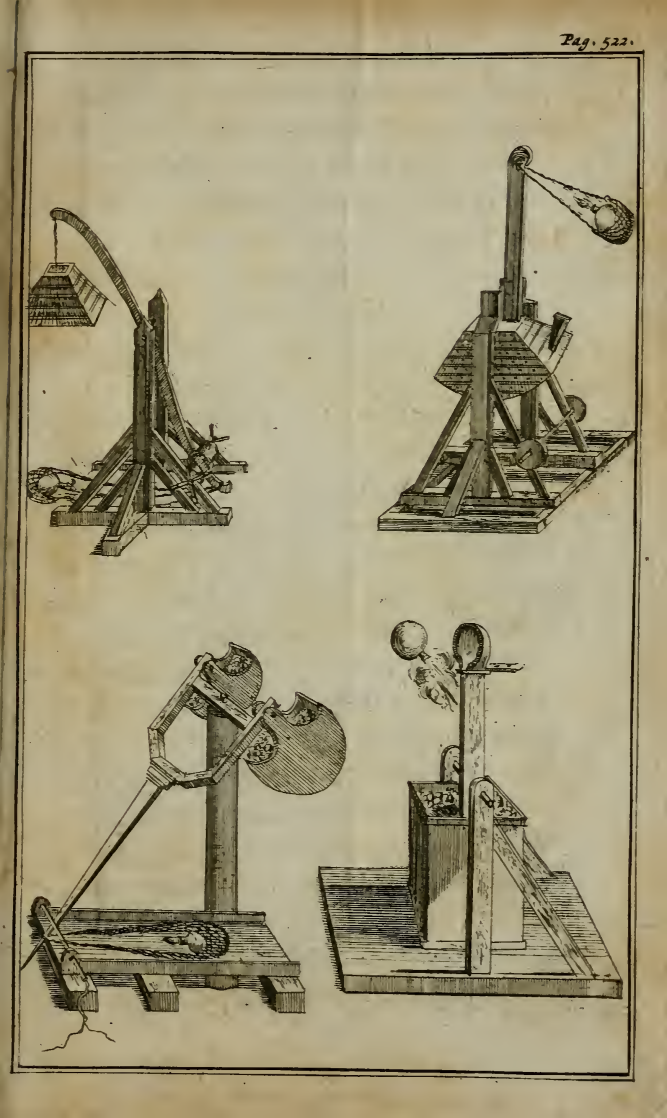
ctes, à cause de la fausse estime qu'ils ont faite par prévention, comme j'ai dit, de bien-séance pour les augmentations de leurs tirs à chaque dégré.

CHAPITRE VI.

Usage des mortiers & de quelques autres machines pour le jet des Bombes.

CHAP. VI. Usage des mortiers & de quelques autres machines pour le jet des Bombes.

AU reste les mortiers ne servent pas seulement à jetter des Bombes de toutes sortes de grosseurs, ils font aussi des grans effets avec les pierres, dont on a vû beaucoup d'exemples au siége de Candie; les Italiens les appellent *Batterie de j Sassi.* L'on jette avec les mortiers des boulets rouges, des pots à feu, des barils ardans, des carcasses qui sont des boites, faites de bandes de fer, de la grosseur des Bombes, couvertes de grosse toille goderonnée, & remplies de grénades & de composition à mettre le feu; il y en a plusieurs descriptions dans le livre





livre du grand Art de l'Artillerie de Cazimir Siemienowski dont nous avons parlé dans la premiére Partie.

LIV. IV. CHAP. VI.

Usage des mortiers & de quelques autres machines pour le jet des Bombes.

Cét Auteur promet d'enseigner, dans sa seconde Partie, diverses inventions de jetter les Bombes sans mortier ; mais cette partie n'a point été imprimée. Il ne laisse pas de dire en passant que les frondes pourroient être fort utiles, au moins pour jetter les Grénades, si lon s'en rendoit l'usage familier. A quoi je puis ajoûter que dans les desseins des Machines antiques, il y a des grandes frondes attachées à des Trébuchez qu'ils appelloient *Fundibala* ; & qui servoient aux anciens à jetter dans les villes assiégées des pierres plus pésantes que nos Bombes ; ce qui me fait dire que l'usage n'en seroit peut-être pas à mépriser. En voici quelques desseins.

Celle-ci est de l'invention de Monsieur Perrault, dont nous avons parlé ci-devant.

Les deux poids A A font tourner les roües B & la barre C D quand on lâche

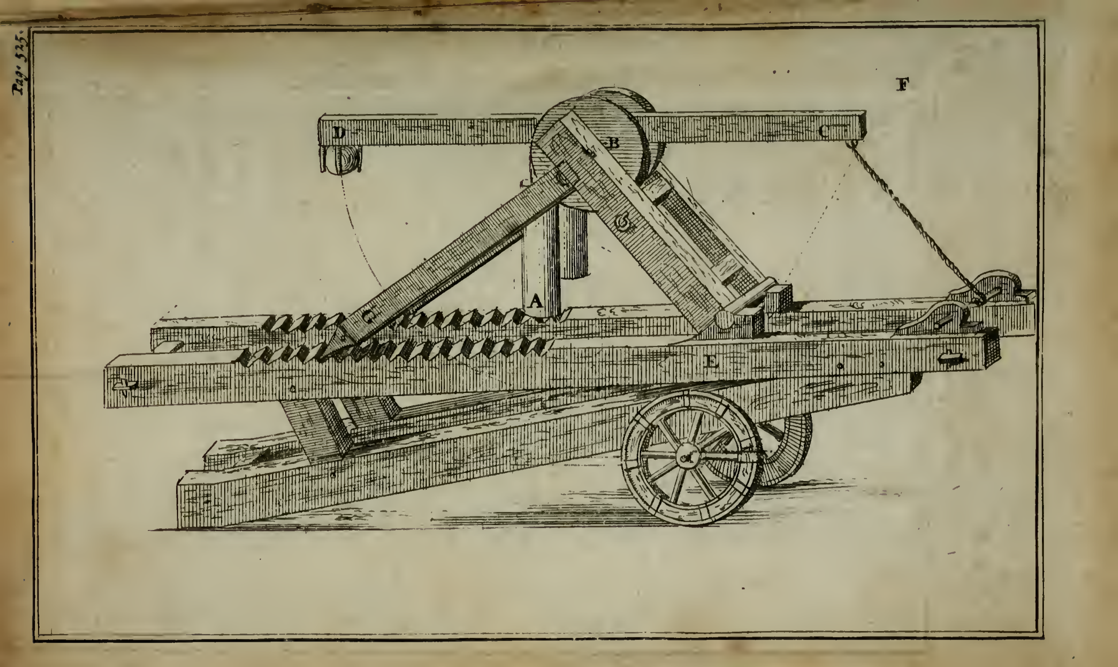
LIV.IV. CHAP. VI.

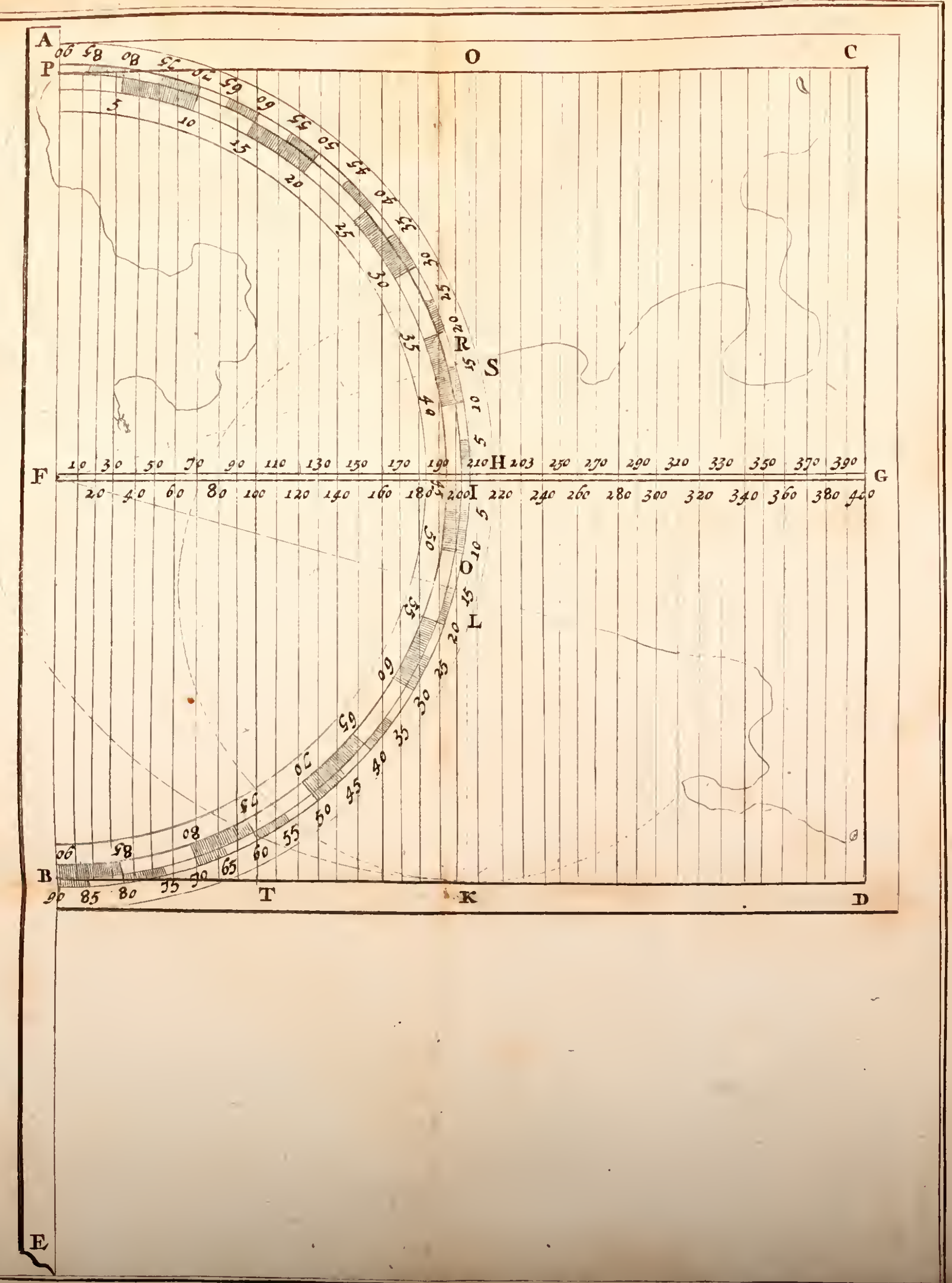
Usage des mortiers & de quelques autres machines pour le jet des Bombes.

lâche la corde qui la retient en C. Cette barre, après avoir fait le demi-tour D E, frappe contre la traverse posée en E, & donnant l'impression à la Bombe D, elle la fait partir avec violence suivant la direction de la droite E F qui touche le demi-cercle D E en E. La branche mobile G arrêtée près ou loin du point E sur les dents marquées en E G, donne telle élévation que l'on veut au jet de la Bombe en haussant ou baissant la machine.

Je finis par l'explication d'une maniére extraordinaire de jetter des pierres sans mortier.

Les Polonois assistez des troupes auxiliaires de l'Empereur sous la conduite du Comte de Souches, assiégeoient en l'année 1659 la ville de Torn en Prusse tenuë par les Suedois; dans laquelle ils jettoient tres-souvent des pierres d'une grosseur monstrueuse, des gros quartiers de meules de moulin & des Carreaux de plus de 800 pésant sans se servir de mortiers, en


F
D
B
C
A
G
E


A
P
O
C
F
G
H
I
R
S
O
L
B
T
K
D
E
10 30 50 70 90 110 130 150 170 190 210
203 250 270 290 310 330 350 370 390
20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400
90 85 80 75 70 65 60 55



en cette maniére. Dans le terrain rassis près de la contr'escarpe ils creusoient des trous justement de la grandeur & de la figure de la pierre qu' ils vouloient jetter, dont le fond plat & uni êtoit tourné vers la ville avec tel angle d'inclination qu'ils jugeoient par l'estime qu'il faloit donner pour la direction de leur jet; & dans le milieu du même fond, ils creusoient un autre trou plus profond en forme de chambre, & de telle sorte que l'axe de ce dernier trou passant par le centre de gravité de la pierre se trouvât perpendiculaire à son lit & fut le même que la ligne de sa direction. Ils emplissoient le trou avec de la poudre si la terre êtoit assez ferme, ou bien il y faisoient entrer un pétard d'une grandeur proportionée au poids de la pierre, qui posant sur le plan du madrier du pétard ou du tampon de la chambre, recevoit l'impression entiére du feu de la poudre que l'on allumoit par le moïen d'un filet trempé dans l'eau de vie & de la composition

Usage des mortiers & de quelques autres machines pour le jet des Bombes.

LIVRE SECOND.

Sentimens des Auteurs Modernes ſur la nature du jet des Bombes.

SECONDE PARTIE.

Pratiqûes de l'Art de jetter les Bombes.

LIVRE PREMIER,

Pour les jets dont l'êtenduë est au niveau des batteries par le moyen des Sinus.

LIVRE SECOND.

Pratiques des jets dont l'êtenduë est au niveau des batteries, par le moyen des Instrumens.

LIVRE TROISIEME.

Pratiques des jets dont l'êtenduë n'est pas au niveau des Batteries.

Troi-

LIVRE QUATRIEME.

Pratique Universelle.

LIVRE CINQUIEME.

Application du compas de proportion aux jets des Bombes.

LIVRE SIXIEME.

Autre Instrument Universel pour le jet des Bombes.

TROISIEME PARTIE.

De la Théorie du jet des Bombes.

LIVRE PREMIER.

Doctrine de Galilée sur le mouvement.

LIVRE SECOND.

Théorie du mouvement de projection.

LI-

LIVRE TROISIEME.

Démonſtration des pratiques de l'Art de jetter les Bombes. Et prémiérement pour les jets dont l'êlévation eſt au niveau des batteries, & par le moyen des ſinus.

LIVRE QUATRIEME.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'etenduë est au niveau des batteries & par le moyen des instrumens.

LIVRE CINQUIEME.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'êtenduë n'est pas au niveau des batteries.

LIVRE SIXIEME.

Démonstration des Pratiques par les Sinus.

LIVRE SEPTIEME.

Démonstration des Pratiques par les Instrumens.

LIVRE HUITIEME.

Doctrine de M. Cassini pour le jet des Bombes.

De

QUA-

QUATRIEME PARTIE.

Résolution des difficultés qui se trouvent dans la Doctrine du jet des Bombes.

LIVRE PREMIER.

Solution des Objections faites contre la Théorie.

Cin-

LIVRE DEUXIEME.

Réponces aux Objections proposées concernant la Théorie.

Raisons

LIVRE TROISIEME.

Confirmation de la même Doctrine par les Expériences.

LIVRE QUATRIEME.

Résolution des difficultés de la pratique du jet des Bombes.

Fin de la Table.

